radiotehnica distractivă

L.V. KUBARKIN
E.A. LEVITIN

Radiotehnica

DISTRACTIVĂ

TRADUCERE
DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI 1958

„Radiotehnica distractivă" nu urmăreşte expunerea sistematică a unui curs de radiotehnică, ci are drept scop să exemplifice şi să explice, într-o formă distractivă, diferite probleme ale acestei ramuri a tehnicii, cum şi domeniile electrotehnicii şi fizicii, legate de ea. Materialele expuse în carte sînt astfel alese, încît să ajute pe cititor să înţeleagă şi să asimileze mai bine problemele cele mai importante din radiotehnică.

Cartea se adresează radioamatorilor şi, în general, cititorilor care se interesează de tehnică şi de fizică şi care posedă cunoştinţe de nivelul şcolilor medii.

Л. В. КУБАРКИН Е. А ЛЕВИТИН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ РАДИОТЕХНИКА

Госэнергоиздат

1956

Москва

Din partea autorilor

„Radiotehnica distractivă" nu urmăreşte să expună sistematic bazele radiotehnicii şi astfel să se substituie unui manual. La fel cu alte cărţi de acest gen, introduse în literatură de I. I. Perelman, cartea de faţă are drept scop principal să trezească la cititor gustul pentru studiul ştiinţei şi tehnicii, să-l ajute să-şi formeze concepţia despre tehnică şi ştiinţă, să înrădăcineze în el deprinderile de a discerna fondul fizic al fenomenelor.

Pentru atingerea acestui scop, în „Radiotehnica distractivă" se examinează diferite probleme principale ale radiotehnicii şi ale domeniilor înrudite din electrotehnică şi fizică, iar fondul, importanţa şi sensul lor se dezvăluie prin exemple — în limita posibilităţilor — legate cît mai strîns cu viaţa de toate zilele şi de aceea mai uşor de asimilat şi de memorat.

Pentru o mai bună înţelegere a fondului fizic al acestor probleme şi pentru a atribui expunerii un caracter mai captivant, ele sînt adesea considerate dintr-un punct de vedere puţin mai diferit decît cel obişnuit. Aceasta uşurează înţelegerea fenomenelor, favorizează consolidarea şi extinderea cunoştinţelor existente ale cititorului cu privire la legătura reciprocă între diferitele domenii ale ştiinţei şi tehnicii, ceea ce constituie unul dintre principiile obligatorii ale instruirii politehnice.

Pentru a da cărţii un caracter mai captivant, printre fenomenele examinate au fost incluse multe probleme, care de mult atrăgeau

atenția radioamatorilor, dar totuși nu au fost totdeauna suficient tratate în publicații.

În text au fost introduse numeroase exemple, atît din domeniul radiotehnicii, cît și din alte domenii (adeseori și din viața de toate zilele) ele fiind alese astfel, încît calculele și comparațiile numerice, legate de ele, să dea rezultate interesante și uneori neașteptate.

Principala dificultate de care autorii s-au lovit în permanență și pe care ei nu au reușit într-o oarecare măsură să o învingă integral, este o anumită diferențiere în ce privește gradul de dificultate al fenomenelor examinate. Totuși, alegerea materialului s-a efectuat, de regulă, ținînd seama de cunoștințele unui radioamator mijlociu, care se interesează de principiile fizice ale radiotehnicii. O anumită parte din material va fi probabil interesantă nu numai pentru radioamatori, ci îi va interesa și pe studenții școlilor superioare și medii de radiotehnică, cum și pe radiotehnicienii profesioniști.

Autorii

Cît este de mare ELECTRONUL

Aparatajul şi instalaţiile radiotehnice sînt adesea denumite electronice. Permanent auzim şi citim cuvintele: aparataj electronic, releu electronic, tub electronic, televiziune electronică etc.

De ce oare tot ce se referă tocmai la radiotehnică se asociază atît de frecvent cu cuvîntul „electronic"?

De sigur, faptul că electronii constituie cea mai importantă parte a întregii lumi materiale nu poate să joace aici nici un rol. Dacă denumirea „electronic" s-ar atribui — în general — pe baza compoziţiei materiale, ar însemna că fără acest adjectiv cuvintele ar reprezenta numai noţiuni abstracte.

Nici faptul că aparatajul radiotehnic este un aparataj electric, iar curentul electric este format dintr-un flux de electroni nu poate avea nici o importanţă. Nimănui n-o să-i vină în cap să numească soneria electrică sau fierul electric de călcat electronice, cu toate că este indiscutabil că funcţionarea lor se bazează pe curentul electric.

Termenul „electronic" în ştiinţa şi tehnica actuală se aplică la acele aparate, în cursul funcţionării cărora se folosesc electronii liberi, nelegaţi de atomi, şi care se deplasează de preferinţă în vid sau în gaze. Funcţionarea multor aparate şi instalaţii radiotehnice se bazează pe utilizarea acestor electroni liberi şi, de aceea, pentru radiotehnicieni şi, prin urmare, şi pentru radioamatori este importantă cunoaşterea electronilor şi a naturii lor. Ce este atunci un electron?

Toate substanțele existente în natură — solide, lichide și gazoase — sînt constituite din formații extrem de mici, dar totuși destul de complicate, denumite molecule. Cantitatea de molecule, chiar în fărîmele de substanță cu dimensiuni neînsemnate, este atît de mare, încît cifrele care exprimă această cantitate sînt atît de mari încît nu mai reprezintă nimic pentru noi. Numai prin comparație se poate forma o anumită idee asupra mărimii acestor cifre.

Să luăm o picătură de apă. Picătura este — pentru lichide — cea mai mică unitate de măsură de care ne folosim în viața de toate zilele. Picătura de apă cuprinde însă o cantitate enormă de molecule. Pentru a ne-o închipui într-un fel oarecare, va trebui să trecem de la o picătură la o mare întreagă.

La sudul Uniunii Sovietice se așterne minunata Mare Neagră. Ea scaldă malurile a patru state, vapoare uriașe alunecă pe valurile ei, nemărginite sînt întinderile ei. Suprafața ei este egală cu aproximativ 400 000 km^2, adică cu aproape o jumătate de milion de kilometri pătrați, iar adîncimea ei este în medie de cel puțin 750 m. Oare sînt multe picături în Marea Neagră? Desigur că o asemenea problemă neașteptată ne va pune pe fiecare în încurcătură. Nu poți dintr-o dată să găsești cîte picături conține, să zicem, un pahar de apă, dar mi-te o mare întreagă. Creionul și hîrtia ne vor ajuta însă să găsim rapid cifra necesară. Dacă vom considera că volumul unei picături de apă este egal cu 15 mm^3, vom obține că Marea Neagră conține aproximativ $2 \cdot 10^{22}$ picături.

Această cifră nu este atît de importantă ca atare, cît este importantă comparația picăturii de apă cu Marea Neagră. deoarece într-o picătură de apă sînt aproximativ tot atîtea molecule, cîte picături sînt în Marea Neagră.

Acest exemplu poate ne va ajuta să ne imaginăm, cu o oarecare dificultate, cît de mică este molecula. Dar molecula poate fi și ea divizată. Ea este formată din particule și mai mărunte — atomii.

Să luăm o gămălie de ac. Noi o folosim adesea pentru comparație, cînd vrem să subliniem dimensiunile mici

ale unui obiect. Gămălia de ac conține însă 10^{19} atomi de fier.

Cu ce se poate compara acest număr? De la pămînt la soare sînt 150 milioane de kilometri. Să transformăm kilometrii în milimetri — vom obține $1{,}5 \cdot 10^{14}$ mm. Acest număr este enorm, însă într-o gămălie de ac sînt atîția atomi, încît pe fiecare milimetru din distanța dintre pămînt și soare se pot așeza cîte o jumătate de milion de atomi de fier. Dacă am dori să repartizăm cîte un atom pe fiecare milimetru, am obține un lanț de atomi care s-ar întinde pe 10^{13} km. Calea aceasta este străbătută de lumină într-un an.

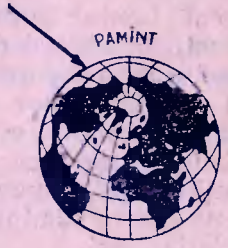
Atomul de fier conține 26 electroni și, în consecință, gămălia de ac conține de 26 ori mai mulți electroni decît atomi. Lanțul format din acest număr de electroni — situați la interval de cîte 1 mm — se va întinde de la pămînt spre depărtările nemărginite ale spațiului cosmic, pe o distanță care este străbătută de lumină în 26 ani. Această distanță este mare chiar la scară cosmică. Căci pămîntul este separat de cea mai apropiată stea la o distanță „doar" de patru ani lumină. 26 ani lumină este distanța dintre pămînt și strălucitoarea stea Vega din constelația Lirei.

Iată la ce depărtări ne-a dus gămălia de ac.

Dar ce este electronul și ce cifre caracterizează proprietățile lui fizice?

Electronul conține cea mai mică cantitate de electricitate. Noi o considerăm cantitate minimă posibilă, întrucît pînă în prezent nu s-a observat niciodată o sarcină mai mică, cu toate că tehnica experimentală modernă are — în principiu — posibilitatea să descopere și să măsoare sarcini mult mai mici. După datele cele mai recente, sarcina electronului este egală cu $4{,}8 \cdot 10^{-10}$ unități electrostatice absolute sau $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ coulombi. Această mărime este foarte importantă pentru electricieni și radiotehnicieni, întrucît ei au de-a face în permanență cu sarcini electrice și cu curent

electric. Curentul electric de un amper este un curent la care, într-o secundă, se scurge printr-o secțiune transversală a unui conductor o cantitate de electricitate de un coulomb.



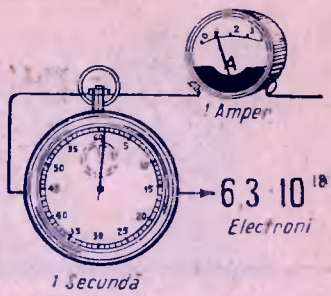
Se poate calcula cu ușurință că un coulomb este egal cu sarcina a $6{,}3 \cdot 10^{18}$ electroni. Prin urmare atîția electroni se scurg într-o secundă prin secțiunea transversală a conductorului dacă curentul este de un amper.

Acest număr este enorm. Dacă se încarcă un corp oarecare cu o sarcină negativă egală cu un coulomb, iar după aceea se iau de pe el cîte un milion de electroni pe secundă, pentru îndeplinirea acestei operațiuni vor fi necesari două sute de mii de ani.

Oare cît cîntărește această cantitate colosală de electricitate?

Experiențe ingenioase și extraordinare în ce privește finețea lor au permis ca fizicienii nu numai să măsoare sarcina electronului, ci să determine și masa lui. Ea a fost găsită că este egală cu $9{,}1 \cdot 10^{-28}$ g. Această masă este atît de mică, încît — în majoritatea cazurilor — ea poate fi neglijată și electronul poate fi considerat lipsit de masă. Totuși, ea nu este egală cu zero și — înmulțind numărul de electroni din coulomb cu cifra arătată mai

sus — vom obține că un coulomb „cîntărește“ $5{,}7 \cdot 10^{-9}$ g sau 0,0057 micrograme.



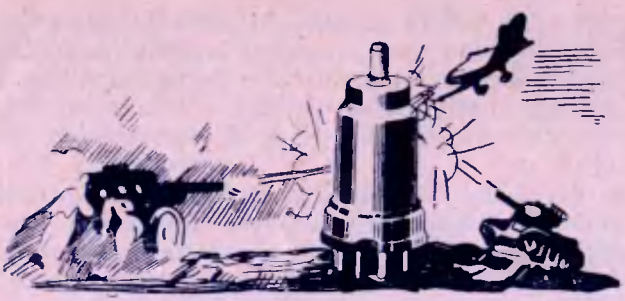
Aceasta este o mărime extrem de mică. Coulombul nu poate fi „cîntărit“ nici chiar la cea mai bună balanță microanalitică, sensibilitatea căreia este egală cu milionimi de gram. Coulombul cîntărește de o mie de ori mai puțin.

DIN CE SÎNT constituite CORPURILE

Cantitatea enormă de atomi, existentă în cel mai infim volum din orice substanţă, impune presupunerea că particulele elementare, din care este constituită substanţa, sînt aşezate foarte strîns.

Se pot da multe exemple care să ne sugereze această idee. Iată în faţa noastră un tub electronic. Din balonul lui de sticlă sau de metal, aerul este evacuat cu cea mai mare atenţie. Nenumărate molecule ale aerului lovesc cu furie pereţii exteriori ai balonului, tinzînd să pătrundă în interior. Fiecare centimetru pătrat din suprafaţa balonului suportă, la temperatura camerei, 10^{22} lovituri pe secundă din partea moleculelor de aer care înconjoară tubul şi care zboară cu viteza de 1 500 km pe oră. Pereţii subţiri ai balonului rezistă, însă, cu succes la acest tir ultravijelios. Moleculele de aer nu pot găsi nici cea mai mică crăpătură.

Involuntar, aceasta ne face să credem că particulele elementare din care este constituită substanţa sînt aşezate tot atît de dens ca, de exemplu, cărămizile dintr-un perete. Să vedem care este situaţia în realitate. Pentru aceasta să revenim la gămălia de ac şi în primul rînd să notăm cîteva cifre necesare: vom considera diametrul electronului egal cu 10^{-5} angströmi (1 angström $= 10^{-7}$ mm), diametrul nucleului atomic este în medie de 10^{-4} angströmi, iar diametrul atomului — de aproximativ 1...2 angströmi. Vom considera diametrul gămăliei de ac egal cu 1,3 mm, adică $1{,}3 \cdot 10^{7}$ angströmi, iar numărul de

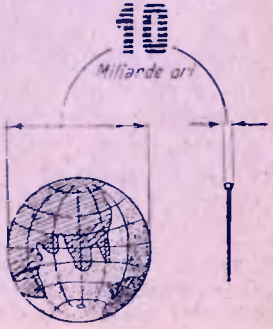


atomi din ea, după cum s-a mai arătat, egal cu 10^{19}. Să mărim gămălia de ac pînă la dimensiunile globului pămîntesc. Diametrul globului pămîntesc este egal, în cifre rotunde, cu 13 000 km, adică $13 \cdot 10^9$ mm. Deci, gămălia de ac avînd diametrul de 1,3 mm, trebuie să se mărească de zece miliarde (10^{10}) ori, pentru ca ea să devină egală cu globul pămîntesc.

Cît de mare va fi oare la o asemenea mărime, atomul? Diametrul atomului este aproximativ egal cu 1 angström, adică 10^{-10} mm. În cazul măririi de zece miliarde de ori, diametrul lui va deveni egal cu un metru. Ca rezultat al acestei măriri vom obține modelul atomului cu diametrul de un metru, a cărui mărime ne-o putem imagina ușor — este o sferă, care poate fi cuprinsă cu brațele de doi inși.

Oare cît de mari vor fi, în cazul acestei măriri, nucleele atomice și electronii?

Diametrul nucleului atomic este egal cu aproximativ 10^{-4} angströmi sau 10^{-11} mm. În cazul măririi de 10^{10} ori, nucleul atomului va ajunge la 0,1 mm. Punctul de la sfîrșitul acestei fraze are un diametru de aproximativ 0,5 mm; deci diametrul nucleului atomic va fi de cinci ori mai mic. Aceasta este grosimea firului de păr.



Vom reuși să vedem nucleul în acest model metric al atomului? În cazul unei iluminări laterale bune și pe un fond corespunzător, oamenii cu vederea bună vor putea să-l distingă, căci putem distinge într-o rază de soare cele mai mărunte firicele de praf, invizibile în condiții obișnuite.

Dar ce va deveni diametrul electronului? El va fi și mai mic de 10 ori. Grosimea firului de păianjen ne poate da o imagine asupra diametrului electronului, în cazul măririi lui de zece miliarde ori. Un asemenea „model" de electron se poate vedea numai cu lupa.

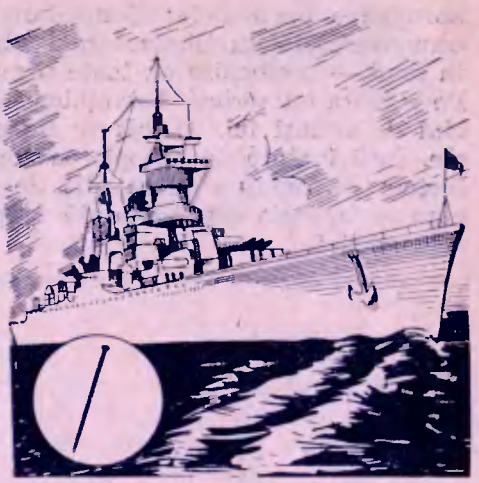
La ce rezultat am ajuns? În volumul care are forma de sferă cu diametrul de 1 m, se află un firicel de praf abia vizibil, ocupînd centrul sferei. În jurul lui, la diferite distanțe, pe anumite suprafețe, pe învelișuri invizibile, se rotesc 26 electroni, ce se pot distinge numai cu lupa. Atomul este în fond gol. Substanța sub formă de nucleu și electroni ocupă numai $1/10^{15}$ din volum. Pentru comparație se poate lua sistemul nostru solar. În realitate el are forma turtită, dar cu aproximație putem să ni-l imaginăm sub formă de sferă cu diametrul egal cu de două ori distanța de la soare pînă la planeta cea mai îndepărtată care este Pluton, adică o sferă cu diametrul de 12 miliarde kilometri. În acest volum enorm Soarele, Pămîntul și toate celelalte planete cu sateliții lor ocupă un loc neînsemnat, dar totuși raportul dintre partea ocupată de materie și partea goală va fi de 200 ori mai mare decît la atom.

Atomul este aproape complet gol. Iar întrucît baza structurii oricărei substanțe este tocmai atomul, se poate spune fără exagerare, că toate corpurile sînt constituite mai ales din vid. Materia este împrăștiată în acest vid în cantități microscopice.[1])

De asemenea, nici atomii din substanță nu sînt așezați unul lîngă altul, de aceea partea de spațiu gol din orice volum al oricărei substanțe este și mai mare decît în interiorul atomilor ei. Dacă s-ar reuși să se preseze ma-

[1]) Trebuie să se țină seama de faptul că termenul de „vid" este convențional. Sub termenul de „vid" trebuie să se înțeleagă mediul fizic care posedă capacitatea să transporte energia.

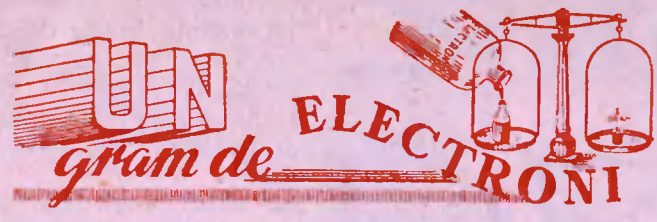
teria, astfel încît între nucleele atomilor să nu mai existe spații, dimensiunile obiectelor s-ar reduce extraordinar, păstrîndu-se în același timp greutatea lor. Metrul cub de materie, presată în felul acesta, s-ar transforma într-un firicel de praf invizibil, cu volumul de milionimi de milimetru cub. Continuînd comparația cu gămălia de ac, se poate calcula că dacă întreaga materie din care este constituit un cuirasat modern enorm cu o deplasare de 45 000 tone se comprimă, astfel încît între nucleele atomilor lui să nu mai existe spații, toată materia lui ar ocupa volumul gămăliei de ac. Dar această gămălie de ac ar cîntări la noi pe pămînt patruzecișicinci de mii de tone.



Dar dacă substanța constituie în fond vidul, de ce oare este ea impenetrabilă? De ce oare moleculele de aer care bombardează din exterior balonul tubului electronic, nu pot să pătrundă în interior?

Stratul cel mai fin de substanță constă dintr-un număr atît de mare de atomi, încît moleculele „străine" nu vor putea străbate prin el fără a suferi numeroase ciocniri cu atomii și fără a consuma ca rezultat al acestor ciocniri întreaga lor energie. Pelicula de metal cu grosimea de 100 de atomi este deja impenetrabilă pentru gaz, iar peretele metalic al tubului are grosimea de aproximativ 0,5 mm, ceea ce corespunde cu aproximativ $5 \cdot 10^{10}$ atomi. Însă, pentru a suferi o „ciocnire" cu atomul, nu este deloc necesar ca particula respectivă să se „lovească" de nucleul lui. În spațiul ocupat de atom acționează exclusiv forțe excepțional de puternice, de aceea

apropierea particulelor elementare între ele, la distanțe comensurabile cu dimensiunile atomului, constituie — în fond — o ciocnire cu toate urmările ei.
Pe măsura micșorării distanțelor între nuclee avînd sarcini de același fel, se măresc forțele de repulsie dintre ele. Încă înainte de apropierea completă a particulelor, forțele de repulsie cresc atît de mult, încît particula care se apropie este aruncată înapoi sau traiectoria ei se modifică.



Numerele legate de electroni sînt ba fantastic de mici, ba nemaipomenit de mari. Ele sînt atît de diferite de toate proporţiile cu care sîntem obişnuiţi, încît cu greu putem să le percepem.

Ce ne spune, de exemplu, valoarea masei electronului — $9 \cdot 10^{-28}$ g? Noi nu concepem micimea incomensurabilă a acestui număr. Pentru a ne uşura înţelegerea lui să încercăm să calculăm cîţi electroni trebuie luaţi pentru ca masa lor totală să formeze un gram. Aceasta se poate calcula în mod simplu, căci:

$$\frac{1}{9 \cdot 10^{-28}} \approx 10^{27} \text{ electroni.}$$

Să comparăm acest număr enorm cu un alt număr, de asemenea extrem de mare, cu numărul electronilor care formează curentul de un amper. Noi ştim că la un curent de un amper, prin secţiunea transversală a conductorului trece într-o secundă un coulomb de electricitate sau $6{,}3 \cdot 10^{18}$ electroni.

Cu cît depăşeşte primul număr (10^{27}) pe cel de-al doilea ($6{,}3 \cdot 10^{18}$)? Oare va ajunge pentru mult timp un gram de electroni pentru a menţine în circuit — de exemplu — un curent de 0,5 amperi, necesar pentru funcţionarea receptorului „Rodina"? Să ne închipuim că am reuşit să facem rost de o sticlă conţinînd un gram de electroni şi că această sticluţă este prevăzută cu un robinet care

permite să se regleze după dorinţă şuviţa de electroni ce se scurge din sticlă. Cît timp va putea sticluţa noastră-minune să alimenteze receptorul „Rodina"?

Să aflăm mai întîi timp de cîte secunde un gram de electroni va putea menţine curentul de un amper. Pentru aceasta, numărul de electroni conţinut într-un gram, îl vom împărţi prin numărul de electroni dintr-un coulomb:

$$\frac{10^{27}}{6{,}3 \cdot 10^{18}} \approx 1{,}6 \cdot 10^{8} \text{ secunde} \approx 44\,000 \text{ ore} \approx 1\,800 \text{ zile.}$$

Receptorul de radio „Rodina" consumă o jumătate de amper, prin urmare un gram de electroni va putea să-l alimenteze în decurs de

$$1\,800 \cdot 2 = 3\,600 \text{ zile} \approx 10 \text{ ani.}$$

Un gram de electroni va asigura funcţionarea receptorului „Rodina" în decurs de 10 ani! Acesta este rezultatul neaşteptat al calculului nostru.

Nimeni însă nu foloseşte receptorul în permanenţă. De obicei el funcţionează aproximativ patru ore pe zi. În acest regim de funcţionare, rezerva de alimentare din sticla-minune conţinînd un gram de electroni, va ajunge pentru 60 de ani. Sîntem perfect în drept să spunem că o cumpărătură atît de reuşită va asigura alimentarea receptorului pentru toată viaţa.

Pentru a completa imaginea, să mai facem un calcul: cît timp un gram de electroni va putea să alimenteze un troleibus? Curentul consumat de un troleibus este de aproximativ 130 amperi. Un gram de electroni va asi-

gura $\frac{1\,800}{130}$ = 14 zile de circulaţie neîntreruptă a troleibusului.

O cifră de asemenea neaşteptat de mare, în special în comparaţie cu lungimea parcursului troleibusului. Parcurgînd cîte 40 km pe oră, troleibusul ar acoperi în 14 zile distanţa de aproximativ 13 500 km, adică ar străbate de la vest spre est întreaga Uniune Sovietică. Două săptămîni întregi ar merge troleibusul prin păduri, cîmpii, munţi, taiga, pe lîngă oraşe, uzini şi sate. De douăzeci şi opt de ori ziua ar fi înlocuită de noapte şi din nou ziua ar schimba noaptea, pînă cînd, în sfîrşit, troleibusul ar atinge malurile Pacificului. Şi în tot acest timp, pe tot parcursul acesta enorm, prin motorul lui ar trece un singur gram de electroni.

Iată cît de mare este un gram de electroni!

Viteza ELECTRONILOR

Curentul electric se propagă prin conductoare cu o viteză extrem de mare, egală practic cu viteza luminii. Semnalul electric străbate conductoarele cu trei sute de mii de kilometri pe secundă.

Curentul electric din conductoare este format prin mişcarea electronilor. Înseamnă oare aceasta că electronii se mişcă în conductoare cu viteza luminii?

Nu, nu înseamnă. Prin închiderea circuitului, de-a lungul conductoarelor se propagă cîmpul electric, această propagare efectuîndu-se cu viteza luminii. Dacă se închide un circuit electric de o lungime enormă, este adevărat că electronii vor începe să se mişte la o distanţă de 300 000 km de locul în care s-a închis circuitul. Acolo însă nu se vor mişca aceiaşi electroni care au început să se mişte în momentul închiderii circuitului în locul respectiv. Aceştia vor fi alţi electroni, cum s-ar zice, „locali". Cîmpul care se propagă cu viteza luminii, pune în mişcare electronii în toate porţiunile conductorului pe care le-a atins.

Dar electronii însăşi? Ei se mişcă extrem de lent. În afară de aceasta, caracterul mişcării lor este astfel, încît viteza lor este nedeterminată.

La formarea curentului electric participă electronii liberi, care se găsesc în metal în cantitate enormă (numărul electronilor liberi este aproximativ egal cu numărul atomilor). Aceşti electroni se mişcă însă nu numai sub acţiunea cîmpului electric. Ei se află în permanentă

mişcare termică, haotică. Această mişcare a electronilor în metal este extrem de îngreunată. Electronii suferă ciocniri necontenite atît cu alţi electroni cît şi cu atomii, şi, ca rezultat al acestor ciocniri, îşi schimbă direcţia mişcării, îşi micşorează viteza şi adesea sar înapoi.

Practic, viteza termică de agitaţie a electronilor în conductoare este de cîţiva zeci de kilometri pe secundă. Această agitaţie termică a electronilor nu provoacă aproape nici o acţiune electrică, cu toate că orice mişcare a electronilor formează un curent electric. Aceasta se explică prin caracterul haotic al agitaţiei termice: la orice număr de electroni care se mişcă într-o direcţie oarecare, îi corespunde întotdeauna aceeaşi cantitate de electroni, care se mişcă în direcţie opusă.

Prin acţiunea cîmpului electric asupra electronilor apare, în afară de această mişcare haotică, şi o mişcare ordonată a electronilor în acelaşi sens. Aceasta nu înseamnă că dacă există cîmpul toţi electronii liberi se mişcă în acelaşi sens. Viteza, pe care o capătă electronii sub acţiunea cîmpului, este relativ redusă, dar ea se însumează cu viteza agitaţiei termice. Aceasta înseamnă că electronii care se deplasau în sensul de acţiune al cîmpului, îşi vor mări viteza, iar mişcarea electronilor în sens invers va fi încetinită. Ca rezultat, întreaga masă a electronilor liberi se va deplasa în sensul de acţiune al cîmpului. Această deplasare noi o numim curent electric.

Care este viteza de deplasare a electronilor provocată de acţiunea cîmpului electric?

În conductoare, viteza de deplasare a electronilor sub acţiunea cîmpului, în intervalele de timp dintre două ciocniri, poate fi relativ importantă, atingînd cîţiva kilometri pe secundă. Dar nenumăratele ciocniri duc la faptul că deplasarea reală a electronilor în sensul de acţiune al cîmpului se caracterizează printr-o viteză extrem de mică. Această viteză este determinată de intensitatea cîmpului şi, în medie, la o intensitate a cîmpului de un volt pe un centimetru de lungime a conductorului, este de aproximativ zece centimetri pe secundă.

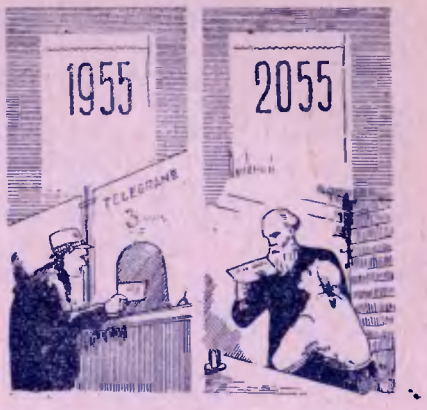
Dar o astfel de intensitate a cîmpului se întîlneşte rar. Pentru a crea un astfel de cîmp în conductorul lung de

un kilometru, trebuie să i se aplice o tensiune de 100 000 volți. Intensitățile reale ale cîmpului sînt mult mai mici și viteza de deplasare a electronilor în sensul de acțiune al acestui cîmp se evaluează la cîțiva milimetri sau chiar fracțiuni de milimetru pe secundă. De exemplu, la tensiunile care există în rețeaua de iluminat, viteza de deplasare a electronilor este de 1...3 mm pe secundă. Electronii se deplasează pe oră doar la o distanță de aproximativ 10 m.

Deci, viteza curentului electric este viteza de propagare a cîmpului electric, care determină electronii să se miște de-a lungul conductorului și nu este viteza electronilor înșiși. Dacă curentul s-ar propaga cu viteza electronilor, o telegramă trimisă, de exemplu, din Moscova la Vladivostok ar ajunge acolo peste 100 ani. Ea ar fi primită de nepoții adresantului. La o asemenea viteză, Moscova ar trebui să aștepte 10 ani pînă cînd va ajunge la ea curentul de la Kuibîșev, și chiar becul electric, un simplu bec electric, ar trebui să-l aprindem cu o jumătate de oră înainte de a avea nevoie de lumina lui, deoarece la viteza de 10 m pe oră, electronii ar ajunge de la întreruptor la bec nu mai înainte de o jumătate de oră.

În toate exemplele precedente am considerat că avem de-a face cu curentul continuu, care se caracterizează prin deplasarea electronilor într-un sirgur sens. În cazul curentului alternativ, electronii efectuează mișcări oscilatorii în jurul unei poziții medii și — în general — nu se deplasează la distanțe mari.

Viteza de circulație a electronilor în vid este mult mai mare decît în conductoare. Aceasta este normal, întrucît deplasîndu-se în vidul aproape perfect, electronii nu suferă ciocniri cu alte particule. De aceea, viteza deplasării lor este determinată numai de acțiunea accelerator a cîmpului și în realitate depășește mult vitezele termice. În tuburile electronice, la o tensiune de 250 volți, electronii parcurg spațiile dintre catod și anod cu o viteză de aproximativ 9 000 km pe secundă. Mai repede însă zboară electronii în tuburile de televiziune, unde ei sînt accelerați de o tensiune care se ridică la multe mii de volți.



Agitația termică a electronilor din conductoare se produce haotic. În fiecare moment, o anumită cantitate de electroni se mișcă astfel încît să tindă să scape din limitele conductorului. Străbaterea stratului de la suprafața conductorului constituie însă o mare dificultate pentru electroni, deoarece acest strat îi respinge spre interiorul conductorului (v. capitolul „De ce funcționează difuzorul dinamic"). Pentru a străbate spre exterior, electronii trebuie să capete o viteză mare. De exemplu, pentru a scăpa din wolfram, care este un metal din care se fabrică filamentele de încălzire ale tuburilor de radio, electronii trebuie să capete viteza de 1 270 km pe secundă.

Electronii pot să capete această viteză, numai ca rezultat al încălzirii intense a conductorului. Cînd viteza necesară este atinsă, electronii încep să scape din conductor în spațiul exterior luînd naștere astfel emisiunea electronică. Conductorul din wolfram trebuie să fie încălzit pînă la aproximativ 2 500 °C pentru a se obține o emisiune electronică normală.

Astfel, viteza de deplasare a electronilor în aparatajul radiotehnic oscilează între limite aproximative, de la fracțiuni de milimetru pînă la zeci de mii de kilometri pe secundă.

Noțiunea de curent electric este de obicei legată de deplasarea electronilor. Ne imaginăm curentul electric ca un șuvoi format din nenumărați electroni, care zboară în interiorul conductoarelor sau prin vidul tubului electronic.

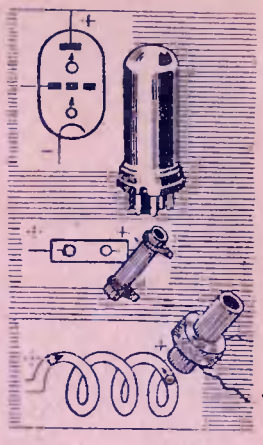
Curentul electric însă, nu este în mod obligatoriu un flux de electroni. Curentul electric este deplasarea sarcinilor electrice, iar sarcină electrică nu o au numai electronii. Însăși caracterul mișcării sarcinilor poate fi diferit, putînd exista și o astfel de mișcare, pentru care definiția de „flux" să nu fie totdeauna potrivită.

Oare cîte feluri de curent electric există?

În majoritatea cazurilor, avem de-a face cu curentul electric din conductoarele metalice. Acest curent este format într-adevăr de o mișcare organizată a electronilor, pentru definirea căreia cuvîntul „flux" este potrivit. Un astfel de caracter îl are și curentul în spațiul dintre electrozii tuburilor electronice și care poate să servească drept exemplu tipic de flux pentru electronii liberi.

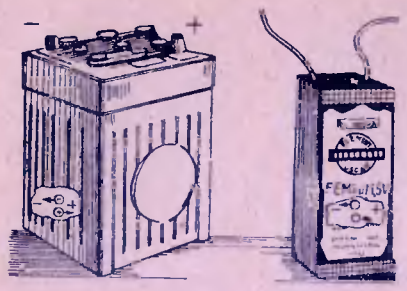
Acest fel de curent electric este cel mai cunoscut și de aceea nu este necesar să ne oprim mai mult asupra lui. Purtătorii de sarcini electrice cei mai răspîndiți sînt ionii. Atomii în starea lor normală sînt neutri din punct de vedere electric: sarcina pozitivă a nucleului este complet echilibrată de sarcinile negative ale electronilor din „învelișurile" electronice ale atomului. Dar atomii pot

să piardă electroni sau să capteze electroni „supranormativ". În ambele cazuri atomul devine un ion. Atomul cu electroni lipsă are o sarcină pozitivă, iar atomul cu un surplus de electroni — o sarcină negativă. Mișcarea ordonată a ionilor formează de asemenea curentul electric.



Dar ionii nu se pot deplasa nestînjeniți pretutindeni. În conductoarele solide nu există pentru aceasta condiții favorabile. Chiar și electronul mic se strecoară cu greu prin desimea atomilor și a moleculelor substanței solide, pe cînd diametrul ionului-atom este de aproape un milion de ori mai mare. Din contra, în conductoarele lichide, curentul electric se formează mai ales datorită deplasării ionilor. Ionii negativi se mișcă spre polul pozitiv, iar cei pozitivi — spre polul negativ. În electrolitul acumulatoarelor și elementelor galvanice circulă curentul ionic. Ionii care formează curentul electric se deplasează numai în lichid și nu pot să „intre" în electrozii solizi cu ajutorul cărora curentul este adus la lichid. În electrozi circulă numai electronii. De aceea, la limita dintre lichid și electrozi se produce un fel de transformare a curentului ionic în curent electronic și reciproc. Ionii pozitivi fiind atrași spre electrodul negativ, pe care există electroni în exces, preiau de la el electronii lipsă și se transformă în atomi neutri. Spre electrodul pozitiv, sărăcit de electroni, sînt atrași ionii negativi și îi cedează electronii suplimentari, transformîndu-se, de asemenea, în atomi neutri.

Trebuie să adăugăm că pot exista ioni, care formează curentul electric în lichid, nu numai din atomii cu electroni, în lipsă sau în plus. Curentul poate fi format în lichide nu numai de către ioni izolați, ci și de către formații mai complexe, de exemplu, molecule ionizate. De

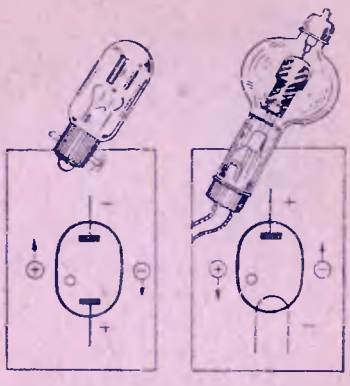


aceea, în zona de contact a lichidului cu conductorul solid se pot degaja nu numai atomii neutri, ci și moleculele. Curentul electric din gaze are aceeași natură și acolo au loc atît procesele ionice cît și cele electronice. Pe suprafața electrozilor aparatului cu gaze (a lămpilor cu neon, a gazotroanelor etc.) se produce o transformare asemănătoare a curentului ionic în curent electronic, ca și transformarea de la trecerea curentului din lichid în electrodul solid. În aparatele electrice cu vid, de exemplu în tuburile electronice, curentul electric este format de electroni, dar și aici pot exista în paralel și curenți ionici. De exemplu, funcționarea tuburilor electronice cu fascicul dirijat se bazează pe utilizarea unui fascicul subțire de electroni. Concomitent însă cu fluxul de electroni, în aceste tuburi există și un flux de ioni. Datorită bombardamentului ionic, pe ecranele televizoarelor se formează „petele" ionice, care și-au cucerit o tristă faimă. În prezent pentru protecția ecranului împotriva bombardamentului cu ioni (ioni negativi de oxigen) în tuburile electronice cu fascicul dirijat se fac „capcane ionice" speciale.

Cu totul alta este natura fizică a curentului electric din semiconductoare. Ea este foarte complexă și nu se distinge prin constanță, schimbîndu-și caracterul datorită diferitelor cauze: natura semiconductorului, temperatura, existența impurităților etc.

Semiconductorul pur, la o temperatură scăzută, se aseamănă cu un izolator. Toți electronii lui sînt reținuți bine în atomii respectivi. Nu există sarcini libere și semiconductorul se comportă ca un izolator. Electronii din atomii semiconductorului nu sînt atît de bine reținuți ca în atomii izolatorului. La încălzire sau la iradiere cu lumină, electronii capătă o energie suplimentară, sufi-

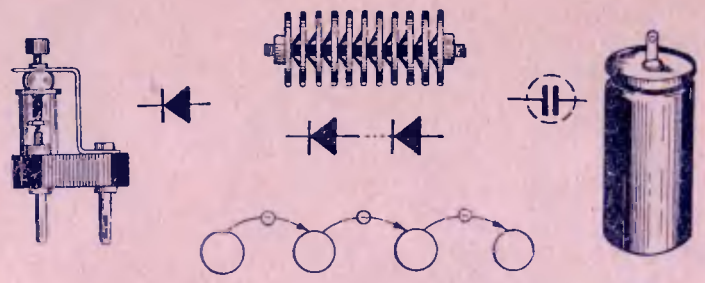
cientă pentru a se desprinde de atomi şi a căpăta posibilitatea să se deplaseze. Ca rezultat, în semiconductoare apar sarcini libere, care determină conductibilitatea lor. Dacă unui semiconductor i se aplică o tensiune, în el se va produce deplasarea electronilor şi curentul va lua naştere. Acesta va fi deci curentul electronic.



În semiconductoare este însă posibil să apară nu numai curentul electronic. Atomul care a pierdut un electron devine ion pozitiv. Ionul pozitiv sub acţiunea cîmpului electric atrage electronul lipsă de la atomul vecin „normal", transformîndu-l prin aceasta într-un ion pozitiv. Acest ion nou format preia la rîndul lui electronul lipsă de la atomul următor ş.a.m.d. Fizicienii denumesc ionul pozitiv nemişcat, lipsit de electroni, „gol", iar curentul creat ca rezultat al mişcării aparente a „golului", curentul „prin goluri".

Ca rezultat se obţine ceva asemănător cu deplasarea ionului pozitiv, cu toate că ionii înşăşi îşi păstrează imobilitatea. Aceasta ne-o putem închipui clar, urmărind exemplul iluminaţiei care se cunoaşte sub denumirea de „flacără progresivă". Pentru a forma imaginea flăcării în mişcare nu este obligatoriu să se deplaseze lampa. Se pot instala un şir de lămpi care să se aprindă succesiv. Acest procedeu se foloseşte frecvent la amenajarea diferitelor reclame electrice.

Tălmăcirea proceselor ce se produc în semiconductoare, expusă mai sus, cît şi în capitolul „taina detectorului cu cristal", diferă oarecum de procedeele de explicare a acestor procese, răspîndite în prezent. Această tălmăcire simplificată s-a introdus pentru a uşura înţelegerea naturii foarte complexe a curentului electric din semiconductoare.



În funcție de caracterul semiconductorului, se spune că el posedă conductibilitatea „electronică" sau prin „goluri". La unele semiconductoare, printr-o prelucrare corespunzătoare se poate obține atît conductibilitatea electronică cît și cea prin goluri. Dintre aceste semiconductoare face parte, de exemplu, germaniul. Prelucrarea constă în adăugarea la semiconductor a impurităților corespunzătoare, în cantitățile necesare.

Cele patru feluri de curent electric examinate se utilizează larg în radiotehnică. După cum vedem, curentul electric nu se formează întotdeauna cu ajutorul electronilor și — în ce privește caracterul lui — nu corespunde chiar întotdeauna cu noțiunea de „flux". De fapt, cel mai indicat este să se considere curentul electric ca un flux de electroni doar în tuburile electronice.

Dar aceste patru feluri de curent nu epuizează complet toate tipurile posibile de curent electric. Fizicienii obțin, de exemplu, fluxuri suficient de puternice de protoni și nuclee de heliu, avînd sarcină pozitivă, deplasarea lor formînd curentul electric. Unele experiențe fizice sînt însoțite de apariția pozitronilor — electroni pozitivi, a căror deplasare formează de asemenea un curent electric. Deocamdată acești curenți nu au căpătat o utilizare practică în radiotehnică, ei vor fi folosiți însă în scopul creării bateriilor atomice. Forța electromotoare a acestor baterii nu apare ca rezultat al reacțiilor chimice, ca la elementele galvanice sau la acumulatoare, ci în urma

dezintegrării radioactive a atomilor substanței, însoțită de radiația particulelor încărcate.
În bateriile atomice, ale căror modele în funcțiune s-au creat deja, se folosește dezintegrarea cu emisiunea de particule beta a unuia dintre izotropii radioactivi ai stronțiului — stronțiul 90.

ÎN CE SENS CURGE curentul electric

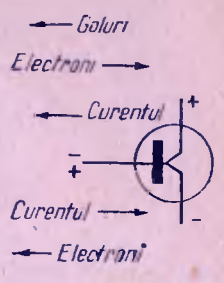
Se poate oare răspunde la această întrebare?

În timpurile îndepărtate, cînd fizicienii studiau un cerc relativ îngust de fenomene electrice cunoscute lor, s-au introdus noţiunile de electricitate pozitivă şi negativă. Semnul plus s-a atribuit electricităţii „din sticlă"— acelei sarcini electrice care apare pe sticlă ca rezultat al frecării acesteia cu mătasea. Drept electricitate negativă au început să considere electricitatea „din ceară roşie", sarcina care apare pe ceară roşie, frecată cu lînă. Ulterior s-a convenit că, curentul electric curge de la plus la minus.

Această convenţie s-a dovedit a fi comodă. Ea convenea atît fizicienilor cît şi tehnicienilor şi s-a păstrat pînă în zilele noastre. Pe baza ei s-au formulat toate legile, regulile şi relaţiile principale din electricitate.

Însă, neconcordanţa acestei terminologii cu fondul fizic al fenomenelor electrice a devenit evidentă chiar în ultimii ani ai secolului trecut cînd s-au descoperit electronii. Această descoperire a dovedit că. curentul electric este format din „particule" şi constituie un flux de sarcini negative extrem de fine, denumite electroni. Electronii circulă de la minus spre plus, adică în sens opus aceluia care s-a stabilit la începuturile electrotehnicii. Aceasta a dat naştere la dualitate şi la încurcături. În multe cazuri cînd era vorba de sensul curentului, era necesar să se specifice, în mod special, cum se înţelege acest sens: „în funcţie de curent" sau „în funcţie de elec-

troni". Deosebit de neplăcută este această dualitate terminologică în radiotehnică, unde pentru explicarea funcționării montajelor și aparatelor este adesea necesar să se ia în considerare tocmai sensul de circulație a electronilor. De exemplu, în ce sens „conduce" tubul electronic? Dacă se consideră „în funcție de curent", tubul conduce de la anod spre catod, iar dacă se consideră „în funcție de electroni", atunci el conduce de la catod spre anod.

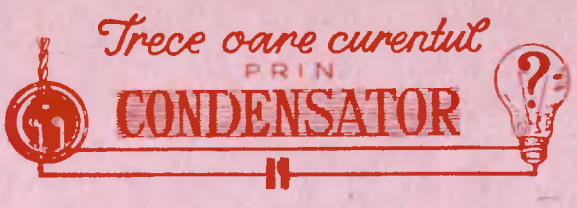


Adesea se expune ideea de necesitate a eliminării dualității terminologiei și de stabilire a uniformității în ce privește reprezentarea sensului curentului.

Se poate oare realiza o asemenea unitate?

Aceasta nu se poate face atît de ușor cum s-ar părea. De sigur, nu este greu să se elimine din întreaga literatură care apare mențiunea asupra curentului electric în răstălmicirea lui veche și să se introducă..... Dar ce să se introducă? Sensul de circulație al electronilor? Dar de ce tocmai al electronilor? Noi acum știm că, curentul electric este deplasarea sarcinilor electrice, dintre care fac parte și electronii, și protonii, și ionii, și pozitronii. Electronii și ionii negativi circulă de la minusul nostru convențional spre plusul tot atît de convențional, iar ionii pozitivi, protonii și pozitronii se deplasează în sens invers. Se poate forma un circuit din conductoare metalice, elemente galvanice, redresoare cu semiconductoare etc.: în diferitele părți sarcinile electrice, care formează curentul electric, se vor deplasa în sensuri opuse. Care anume trebuie să se considere sensul curentului în dioda formată din semiconductor, în care electronii se deplasează într-un sens, iar „golurile" (v. capitolul „Patru feluri de curent electric") — în sens invers? În tranzistor se obține o imagine foarte încurcată a sensurilor de circulație a curenților și sarcinilor.

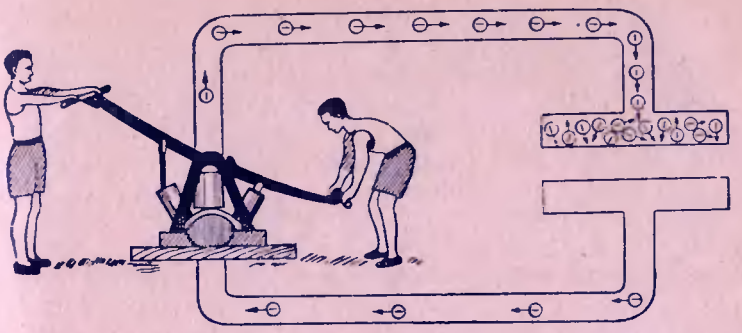
După cum vedem, problema sensului curentului nu este chiar atît de simplă.



Trece curentul electric prin condensator, sau nu trece? Experienţa de zi cu zi a radioamatorilor dovedeşte în mod convingător că curentul continuu nu trece prin condensator, iar că cel alternativ trece. Aceasta se confirmă uşor prin experienţe. Becul se poate aprinde legîndu-l la reţeaua de curent alternativ printr-un condensator. Difuzorul sau căştile telefonice vor continua să funcţioneze chiar dacă nu sînt legate direct la receptor, ci printr-un condensator.

Condensatorul este format din două sau mai multe plăci metalice separate printr-un dielectric. Cel mai frecvent acest dielectric este mica, aerul sau ceramica, care sînt cele mai bune izolatoare. Este natural ca curentul continuu să nu poată trece printr-un asemenea izolator. Dar de ce oare curentul alternativ trece prin el? Aceasta pare cu atît mai straniu, cu cît aceeaşi ceramică, de exemplu, sub formă de role de porţelan izolează admirabil conductoarele de curent alternativ, iar mica îndeplineşte admirabil funcţiunea de izolator în ciocanele electrice de lipit, fiarele de călcat electrice şi în alte aparate de încălzit, care funcţionează bine fiind alimentate în curent alternativ.

Cu ajutorul unor experienţe am putea „dovedi" un fapt şi mai curios: dacă în condensator se înlocuieşte dielectricul cu proprietăţi izolante comparativ slabe printr-un alt dielectric, care este un izolator mai bun, proprietăţile condensatorului se modifică astfel, încît trecerea curen-



tului alternativ prin condensatoare nu va fi îngreunată, ci, dimpotrivă, uşurată. De exemplu, dacă se conectează beculeţul la circuitul de curent alternativ printr-un condensator cu dielectric din hîrtie şi după aceea se înlocuieşte hîrtia ca un izolator tot atît de bun cum ar fi sticla sau porţelanul de aceeaşi grosime, beculeţul începe să ardă mai puternic. O astfel de experienţă permite să se ajungă la concluzia că, curentul alternativ nu numai că trece prin condensator, dar, în acelaşi timp, el trece cu atît mai uşor cu cît dielectricul lui este un izolator mai bun.

Însă, cu tot caracterul convingător aparent al unor asemenea experienţe, curentul electric — atît continuu, cît şi alternativ — nu trece prin condensator. Dielectricul care separă plăcile condensatorului serveşte drept o piedică sigură în calea curentului, oricare ar fi acesta — alternativ sau continuu. Dar aceasta nu înseamnă că nu va exista curent în întregul circuit în care este introdus condensatorul.

Condensatorul posedă o proprietate fizică bine determinată pe care o numim capacitate. Această proprietate constă în capacitatea de a acumula sarcini electrice pe armături. Sursa de curent electric poate fi asemănată în mare cu o pompă, care transvazează în circuit sarcinile electrice. Dacă curentul este continuu, sarcinile electrice se transvazează în permanenţă într-un singur sens.

Cum se va comporta condensatorul în circuitul de curent continuu? „Pompa noastră electrică“ va pompa sar-

cinile pe una dintre armăturile lui şi va evacua aceste sarcini de pe cealaltă armătură. Capacitatea condensatorului de a menţine pe armăturile (plăcile) lui o anumită diferenţă de cantitate de sarcini se numeşte tocmai capacitatea lui. Cu cît este mai mare capacitatea condensatorului, cu atît mai multe sarcini electrice pot să existe pe una dintre armăturile lui în comparaţie cu cealaltă. În momentul închiderii circuitului curentului, condensatorul nu este încărcat — cantitatea de sarcini de pe ambele armături este identică. Dar iată că se închide circuitul curentului. „Pompa electrică" a început să funcţioneze. Ea pompează sarcinile pe una dintre armături şi le evacuează de pe cealaltă. O dată ce în circuit s-a început mişcarea sarcinilor, înseamnă că prin el a început să circule curentul. Curentul va circula pînă cînd condensatorul se va încărca complet. După atingerea acestei limite, curentul va înceta.

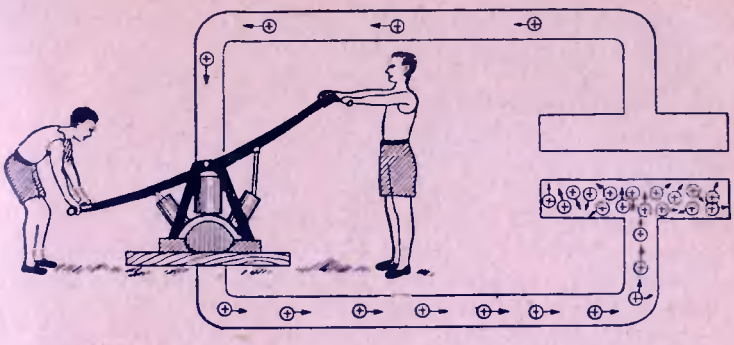
Prin urmare, dacă în circuitul de curent continuu există un condensator, după închiderea lui curentul va circula atîta timp cît este necesar pentru încărcarea completă a condensatorului.

Dacă rezistenţa circuitului, prin care se încarcă condensatorul, este relativ redusă, durata încărcării este foarte mică: ea se produce în fracţiuni neînsemnate de secundă, după care încetează scurgerea curentului.

Alta este situaţia în circuitul de curent alternativ. În acest circuit, „pompa" transvazează saricinile electrice ba într-un sens, ba într-altul. Abia creează pe una dintre armăturile condensatorului un surplus de sarcini în comparaţie cu cealaltă armătură şi pompa începe să le transvazeze în sens invers. Sarcinile vor circula neîntrerupt în circuit, deci în acest caz, cu toată prezenţa condensatorului care nu conduce curentul, va exista curent — curentul de încărcare şi descărcare al condensatorului.

De ce anume va depinde valoarea acestui curent?

Prin valoarea curentului noi înţelegem cantitatea de sarcini electrice care trec în unitatea de timp prin secţiunea transversală a unui conductor. Cu cît este mai mare capacitatea condensatorului, cu atît mai multe



sarcini vor fi necesare pentru „umplerea" lui, deci cu atît mai intens va fi curentul din circuit. Capacitatea condensatorului depinde de mărimea plăcilor, de distanţa dintre ele şi felul dielectricului care le separă, de constanta lui dielectrică. La porţelan, constanta dielectrică este mai mare decît la hîrtie şi, de aceea, la înlocuirea hîrtiei din condensator prin porţelan creşte curentul din circuit, cu toate că, porţelanul este un izolator mai bun decît hîrtia.

Valoarea curentului mai depinde şi de frecvenţa lui. Cu cît este mai mare frecvenţa, cu atît curentul va fi mai mare. Se poate înţelege cu uşurinţă de ce anume se produce aceasta, închipuindu-ne că umplem cu apă printr-o ţeavă un vas cu capacitatea, de exemplu, de un litru, iar după aceea o vărsăm de acolo. Dacă acest proces se va repeta o dată pe secundă, prin ţeavă vor trece în fiecare secundă doi litri de apă: un litru într-un sens şi un litru în celălalt. Dar dacă dublăm frecvenţa procesului — vom umple şi goli vasul de două ori pe secundă şi prin ţeavă vor trece pe secundă patru litri de apă — păstrînd neschimbată capacitatea vasului, mărirea frecvenţei procesului, va duce la creşterea corespunzătoare a cantităţii de apă care străbate ţeava.

Din tot ce s-a spus se pot trage următoarele concluzii: curentul electric — atît continuu cît şi alternativ — nu trece prin condensatoare. În circuitul care face legătura dintre sursa de curent alternativ şi condensator circulă

însă curentul de încărcare şi descărcare a acestui condensator. Cu cît este mai mare capacitatea condensatorului şi este mai ridicată frecvenţa curentului, cu atît va fi mai puternic acest curent.

Această particularitate a curentului alternativ îşi găseşte o largă utilizare în radiotehnică. Pe ea se bazează şi propagarea undelor de radio. Pentru aceasta noi excităm în antena de emisie curentul alternativ de înaltă frecvenţă. Dar de ce curentul circulă în antenă, doar ea nu constituie un circuit închis? El se scurge întrucît între conductoarele antenei şi ale contragreutăţii sau pămînt există o capacitate. Curentul din antenă reprezintă curentul de încărcare şi descărcare a acestei capacităţi, a acestui condensator.

Bobina circuitului oscilant din conductoare de STICLĂ

Ce a-ţi spune dacă sub ochii voştri s-ar scăpa din greşeală pe podea o bobină de la un emiţător de radio, şi care a avut forma de spirală cilindrică, parcă de argint şi .... ea s-ar sparge în bucăţele mici. Bobina fusese executată în realitate din ţeavă de sticlă şi doar la suprafaţă a fost acoperită cu un strat subţire de argint.

Putea oare să funcţioneze în emiţător o asemenea bobină de sticlă? Doar sticla este un izolator admirabil; rezistenţa bastonaşului de sticlă în curent electric este atît de mare încît este aproape imposibil de măsurat, iar conductorul care se foloseşte pentru confecţionarea bobinei trebuie să aibă o rezistenţă cît mai mică: cu cît este mai mică rezistenţa, cu atît oscilaţiile circuitului oscilant se vor amortiza mai lent.

Într-adevăr, sticla constituie un izolator minunat. Tot aşa de adevărat este şi faptul că bobinele trebuie făcute dintr-un material care are o rezistenţă cît mai mică. Însă aceste două adevăruri, ori cît de curios ar părea, nu se contrazic reciproc. Chestiunea constă în faptul că bobina emiţătorului este parcursă de curenţi de înaltă frecvenţă, care se propagă doar la suprafaţa conductorului. Tocmai de aceea spirele bobinei sînt acoperite la exterior cu argint, care este unul dintre cele mai bune materiale conducătoare de curent electric. Părţile interioare ale spirelor nu sînt parcurse însă de curentul de înaltă

frecvență; de aceea argintul scump și greu poate fi înlocuit fără frică prin sticlă.

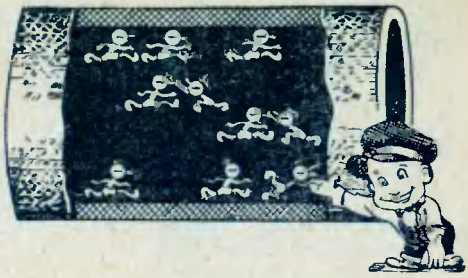
Prin ce se explică atunci o asemenea repartiție a curentului în diferitele porțiuni din secțiunea conductorului? Se știe din electrotehnică că curentul electric — adică deplasarea sarcinilor electrice — este însoțit de apariția cîmpului magnetic. La creșterea curentului, cîmpul devine intens și se propagă pe un spațiu mare, la slăbirea lui liniile de forță al cîmpului se restrîng, intensitatea cîmpului se micșorează. Dacă un asemenea cîmp magnetic în mișcare intersectează conductoarele, în ele apare curentul — și începe astfel mișcarea sarcinilor. Cînd cîmpul devine puternic, curentul indus, creat de acesta, are sensul invers sensului curentului care a provocat apariția cîmpului. La micșorarea intensității cîmpului, acest curent indus are același sens ca și curentul primar.

Putem considera fiecare conductor ca un număr mare de conductoare subțiri așezate în paralel. Prin fiecare dintre ele se scurge curentul electric, care creează în spațiul înconjurător un cîmp magnetic, care prin mișcarea lui acționează asupra conductoarelor învecinate și — în virtutea fenomenului inducției — face să apară în ele curenți induși.

Pentru a ne descurca mai bine în „mecanica" acestui fenomen, să ne închipuim doi electroni care se află în secțiunea conductorului. Sub influența cîmpului electric, în conductor trebuie să apară un curent electric, adică cei doi electroni ai noștri trebuie să înceapă să se miște. Dar imediat ce primul electron s-a pus în mișcare, în jurul lui s-a creat un cîmp magnetic, în zona de acțiune a căruia nimerește cel de-al doilea electron. Cîmpul electric face ca electronul al doilea să se miște în același sens cu primul, iar cîmpul magnetic al primului electron face ca el să se miște în sens invers. Cu alte cuvinte, deplasarea primului electron va frîna deplasarea electronului al doilea.

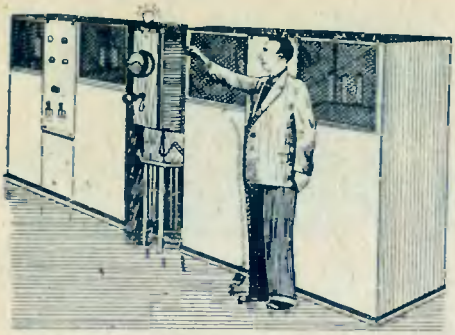
Dar electronii noștri sînt perfect identici și se supun acțiunii forțelor identice. Dacă electronul al doilea suferă o acțiune de frînare din partea primului electron,

primul electron suferă o acţiune de frînare absolut identică din partea electronului al doilea. Electronii se frînează reciproc. Această frînare se manifestă cel mai puternic în mijlocul conductorului, unde electronii sînt înconjuraţi din toate părţile de alţi electroni. Electronii din straturile superficiale ale conductorului suportă frînare minimă, deoarece ei nu sînt înconjuraţi din toate părţile de alţi electroni.



Frînarea pe care o suportă electronii din partea electronilor învecinaţi este echivalentă cu o rezistenţă, întrucît numim rezistenţă electrică toate cauzele care îngreunează deplasarea electronilor sub acţiunea cîmpului electric. De aceea se poate spune că mai aproape de mijlocul conductorului rezistenţa va fi mai mare şi deci, intensitatea curentului va fi acolo mai mică.

Pentru a nu face erori, la examinarea unor astfel de fenomene trebuie să se ţină seama că acţiunea de frînare este exercitată de cîmpul magnetic variabil, iar un asemenea cîmp este creat de electronul care îşi schimbă viteza de deplasare, adică de un electron care se accelerează sau se frînează. De aceea slăbirea curentul din interiorul conductorului se observă numai în curent alternativ, întrucît numai în curent alternativ sarcinile electrice se mişcă ba accelerat, ba încetinit. Cu cît este mai mare frecvenţa curentului, cu atît creşte mai brusc rezistenţa zonelor interioare ale conductorului. În curent continuu, aceasta se întîmplă doar în acele puţine clipe în care creşte curentul. Cînd curentul se stabilizează, nu există variaţii ale cîmpului magnetic şi de aceea nu se manifestă nici acţiunea lui de frînare: curentul se scurge uniform prin toată grosimea conductorului.



Ca exemplu se pot da unele cifre. Să presupunem că bobina este confecționată din conductor de cupru cu diametrul de 10 mm. Rezistența unui asemenea conductor în curent continuu, care străbate toată grosimea conductorului, este extrem de mică. Pentru curentul cu frecvența de 100 kiloherți, rezistența bobinei crește de 12 ori, iar pentru curentul cu frecvența de 10 megaherți, ea crește de 116 ori. Aceasta înseamnă în fond că, curentul trece în acest caz numai prin 1/116 parte din secțiunea conductorului — prin stratul lui superficial subțire. De aceea, fenomenul examinat se numește uneori **„efect superficial"** sau **„efect pelicular"**, adică curentul pare că se propagă numai prin „pelicula" conductorului. Astfel, la frecvența de 3 megaherți, curentul din conductorul de cupru se scurge doar prin stratul exterior cu grosimea de 0,2 mm.

O dată ce curentul nu se scurge prin părțile interioare ale conductorului, ne putem dispensa de ele, putem executa conductorul în formă de țeavă, sau putem să-l facem dintr-un material izolant acoperit la suprafață cu un strat bun conducător.

Efectul pelicular permite să se facă experiențe interesante. De exemplu, la muzeul politehnic din Moscova, personalul care face demonstrații aprinde un bec electric de iluminat ținîndu-l cu mîna de un contact care merge la filament și atingînd antena emițătorului de radio cu celălalt contact. În acest caz curentul care aduce filamentul la incandescență trece prin cel ce execută demonstrația. Acest curent este mare, el atinge 0,5 amperi, în timp ce un curent de joasă frecvență mult mai mic este deja mortal pentru om.

De ce atunci cel care execută demonstraţia rămîne în viaţă? Întrucît curentul poate să ucidă doar atunci cînd străbate organele interne ale corpului. Emiţătorul de radio însă, produce un curent de înaltă frecvenţă, care nu pătrunde în interiorul corpului; în cazul de faţă el străbate, în întregul înţeles al cuvîntului „prin piele" şi de aceea nu acţionează asupra organismului.

CÎND 1 nu este egal cu 10×0,1

S-ar părea că întrebarea nu este clară. Aceste mărimi sînt egale între ele. Dar aceasta nu este totdeauna adevărat. De exemplu, va fi oare egală rezistența conductorului cu secțiunea de 1 mm^2 cu rezistența a zece conductoare cu secțiunea de 0,1 mm^2, legate în paralel? Electrotehnica ne spune că aceste mărimi sînt egale, însă pentru radiotehnică nu este chiar așa. Datorită faptului că, curenții de înaltă frecvență nu se scurg prin toată grosimea conductorului, ci numai la suprafața lui (v. capitolul precedent), zece conductoare se dovedesc a fi mai avantajoase, întrucît suprafața lor totală este aproximativ de trei ori mai mare decît suprafața unui conductor cu aceeași secțiune.

Pe aplicarea acestei particularități de trecere a curenților de înaltă frecvență se bazează utilizarea unui conductor multifilar special, numit liță. Acest conductor de înaltă frecvență este format dintr-un număr mare (douăzeci) de sîrme subțiri, separate, cu diametrul de 0,7···0,2 mm, împletite între ele și cuprinse într-o cămașă de mătase, comună. Toate sîrmele trebuie să fie în mod obligatoriu izolate între ele pe toată lungimea lor și legate numai la capete. Dacă ele nu vor fi izolate, vor dispare toate avantajele acestui conductor, doarece curentul nu se va scurge prin zece căi separate, ci printr-o cale comună și influența cîmpului magnetic va fi aceeași ca într-un conductor monofilar.

Datorită faptului că sîrmele sînt răsucite între ele, ele sînt intersectate în mod identic de cîmpurile magnetice create de sîrmele diferite şi cîmpul se repartizează de asemenea uniform.

Pentru a utiliza în mod optim materialul conductoarelor — cuprul — trebuie să se folosească sîrme cît mai subţiri, astfel fiecare dintre ele va participa la trecerea curentului cu o cantitate mai mare din metalul lor.

33 de rezistențe

Cuvîntul **„rezistență"** cel mai frecvent se leagă pentru radioamatori de noțiunea acelor mici piese de radio care se cunosc sub această denumire și care intră în număr mare în componența oricărui montaj de radio. În realitate însă, acest cuvînt are diferite semnificații, depinzînd de adjectivele legate de ele. Iată unele din ele.

În general prin rezistență se înțelege o anumită proprietate a unui circuit electric, de care depinde valoarea curentului din circuit, atunci cînd asupra lui acționează o tensiune constantă: cu cît este mai mare rezistența, cu atît este mai mic curentul. Cea mai simplă este noțiunea rezistenței pe care o opun conductoarele curentului electric și care depinde doar de materialul și dimensiunile lor. Rezistența conductoarelor din diferite materiale este caracterizată de rezistența specifică a conductorului.

În circuitele de curent continuu, valoarea rezistenței este determinată mai ales de acești doi factori. În circuitele de curent alternativ, avem ocazia să ne întîlnim cu relații mult mai complexe, în special în circuitele curenților de înaltă frecvență.

Toate rezistențele din circuitele de curent alternativ pot fi împărțite în două grupe: rezistențele active și reactanțele. Dintre rezistențele active sau pur și simplu dintre rezistențe fac parte acele rezistențe în care se consumă puterea electrică degajată sub formă de căl-

dură. Întrucît puterea se măsoară în waţi, astfel de rezistenţe se numesc uneori rezistenţe watate.

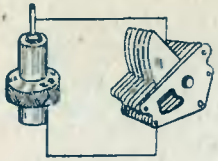
Dintre reactanţe fac parte acele rezistenţe, care cu toate că limitează valoarea curentului din circuit, totuşi nu consumă toată puterea numai pentru încălzire.

În circuitele de curent continuu toate rezistenţele sînt active sau watate şi, de aceea, adeseori dorind să se sublinieze acest fapt se utilizează termenul de rezistenţă în curent continuu sau. din punct de vedere logic. un termen mult mai puţin potrivit — rezistenţă ohmică.

În circuitele de curent alternativ, orice rezistenţă este într-o măsură mai mare sau mai mică o reactanţă, deoarece ea posedă în mod inevitabil o inductanţă sau o capacitate. Reactanţa suplimentară introdusă în circuit de către o inductanţă poartă denumirea de reactanţă inductivă, iar reactanţa suplimentară introdusă de o capacitate, poartă denumirea de reactanţă capacitivă. Ambele aceste reactanţe suplimentare se numesc adeseori dewatate deoarece pentru a le învinge, nu se consumă energie, ea trecînd doar dintr-o formă în alta. De exemplu, curentul alternativ care străbate o bobină de inductanţă, creează în jurul ei un cîmp magnetic alternativ; energia acumulată în acest cîmp într-o jumătate de alternanţă, revine în circuit în timpul jumătăţii de alternanţă care urmează.

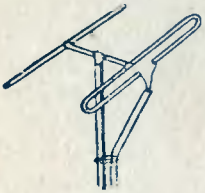
Acelaşi fenomen are loc şi cu condensatorul: energia acumlată în cîmpul electric la încărcarea condensatorului, se debitează din nou în circuit în timpul descărcării lui.

Circuitele de curent alternativ sînt de obicei caracterizate prin felul în care opun rezistenţă curentului care le străbate. De exemplu, bobina executată din sîrmă cu rezistenţă specifică mică este mai ales inductivă. Dar, vorbind riguros, orice circuit opune curentului alternativ o rezistenţă, o reactanţă inductivă şi o reactanţă capacitivă condiţionate de efectul pelicular (v. capitolele precedente), cu toate că, în orice circuit complex una sau mai multe dintre aceste reactanţe sau rezistenţe pot



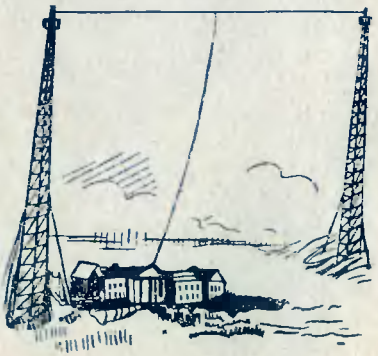
fi practic atît de mici, încît în calcule se pot neglija. Rezultanta în curent alternativ se numeşte impedanţă. Rezistenţele ale căror caracteristici inductive sau capacitive pot fi neglijate se cunosc sub denumirea de rezistenţe neinductive sau necapacitive.

Impedanţa circuitului care conţine inductanţe şi capacităţi depinde nu numai de valoarea lor, ci şi de frecvenţa curentului alternativ. Impedanţa unui asemenea circuit, în curent alternativ mai are încă o denumire şi anume, de rezistenţă totală sau aparentă. La stabilirea unor anumite relaţii între frecvenţa curentului, inductanţă şi capacitate, obţinem fenomenul de rezonanţă.



În cazul legării în derivaţie a inductanţei şi capacităţii, impedanţa circuitului creşte brusc, iar în cazul legării lor în serie, ea devine extrem de mică.

Impedanţa unui circuit electric obişnuit este cu atît mai mare cu cît el este mai lung. Liniile de înaltă frecvenţă însă, de exemplu, cablurile coaxiale folosite în antenele de televiziune, posedă o proprietate interesantă. Dacă



sarcina la capătul terminal al cablului (de exemplu, impedanța circuitului de intrare al receptorului) este bine aleasă și, după cum se spune, este adaptată la cablu, impedanța cablului nu depinde de lungime și rămîne constantă pentru linia de construcție respectivă. O astfel de impedanță poartă denumirea de impedanță caracteristică.

Pentru caracterizarea proprietăților tuburilor electronice amplificatoare, este necesar să se introducă noțiunea de rezistență internă a tubului, care trebuie să fie cunoscută pentru a se putea calcula etajul, cum și noțiunea de rezistență de intrare a tubului și de rezistență de zgomot, care determină valoarea zgomotelor create de tub. Pentru calculul puterii radiate de antenă, trebuie introdusă noțiunea de rezistență de radiație, iar pentru circuitul oscilant — noțiunea de rezistență de pierderi, care caracterizează pierderile în circuitul de putere atunci cînd există oscilații de înaltă frecvență.

Rezistențele care se introduc în circuit pentru ca să formeze o sarcină suplimentară, necesară pentru funcționarea normală a circuitului, se numesc de obicei rezistențe balast.

Multe denumiri de rezistențe sînt legate de materialul din care ele sînt confecționate și de construcția lor. Se cunosc, de exemplu, rezistențe bobinate (de sîrmă) și chimice; acestea din urmă, la rîndul lor, au mai multe denumiri: de carbon, de cărbune, de cox, chimice, ceramice. De construcțiile rezistențelor sînt legate denumirile: fixe, variabile, semivariabile și rezistențe sub sticlă. Cele 33 denumiri de rezistențe enumerate, nu constituie o listă completă a acestora. Fiecare radioamator poate să o completeze la rîndul său.

Există oare o R<0 REZISTENȚĂ negativă?

Sub cuvîntul *„rezistență”* în electrotehnică și radiotehnică se înțelege rezistența opusă de conductor la trecerea curentului electric, adică rezistența opusă mișcării sarcinilor electrice.

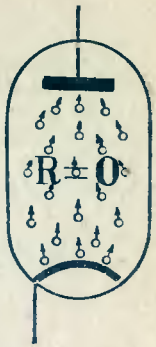
Există substanțe în care mișcarea electronilor este aproape imposibilă. Asemenea substanțe se numesc substanțe izolante. În anumite substanțe, mișcarea sarcinilor este posibilă, însă se produce cu o mare dificultate.

Aceste substanțe au căpătat denumirea de semiconductoare. Un mare număr de substanțe fac parte din categoria conductoarelor, caracterizate prin faptul că sarcinile mobile întîmpină în ele o rezistență minimă. Chiar și cele mai bune materiale conductoare, ca argintul sau cuprul, opun totuși o anumită rezistență la deplasarea sarcinilor, pentru învingerea căreia trebuie să se cheltuiască energie.

Sînt posibile oare cazuri în care deplasarea sarcinilor să se producă fără rezistență, adică în care rezistența opusă curentului să poată fi considerată egală cu zero? Cunoaștem două cazuri de acest fel:

Primul caz este deplasarea sarcinilor în vid. Rezistența opusă la mișcarea sarcinilor se explică din punct de vedere fizic prin ciocniri sau alte forme de interacțiune a sarcinilor cu particulele de substanță. În vid, unde substanța lipsește, natural că lipsește și rezistența opusă de ea la deplasarea sarcinilor. Chiar și la rarefierea care se obține în tuburile electronice (v. capitolul „Cîte mole-

cule de aer rămîn în tub?") şi care mai este departe de vid, rezistenţa resturilor de gaz este atît de mică încît poate fi neglijată în mod practic.

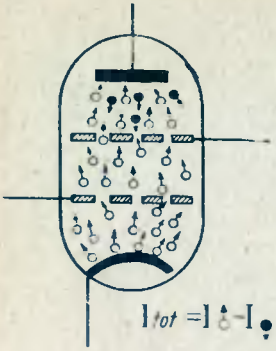


Al doilea caz de lipsă a rezistenţei se observă la unele metale în stare de supraconductibilitate. S-a stabilit că unele metale sau aliaje şi unii compuşi chimici, printr-o răcire puternică, pierd proprietatea de a opune rezistenţă curentului electric, devenind „supraconductibile". Dintre ele fac parte, de exemplu, aluminiul, plumbul, zincul, uraniul, mercurul. Temperaturile la care se observă trecerea în stare de supraconductibilitate variază aproximativ între 1° şi 10° pe scara absolută a temperaturilor (zeroul scării absolute corespunde cu temperatura de —273,16° C). Fenomenele fizice legate de supraconductibilitate nu au fost încă explicate definitiv, dar prin experienţele amănunţite efectuate de academicianul Kapiţa, s-a confirmat că, rezistenţa materialelor în stare supraconductoare este egală cu zero, sau în orice caz este extrem de apropiată de zero şi că, de exemplu, curentul excitat într-un inel confecţionat dintr-un supraconductor nu se micşorează, ci circulă atît timp cît se menţine temperatura necesară.

Este posibilă oare o rezistenţă mai mică decît zero, adică o rezistenţă negativă?

În radiotehnică se întîmplă să ne întîlnim cu noţiunea de rezistenţă negativă, însă ea nu poate fi considerată suficient de clară şi tălmăcită la fel în toate cazurile.

Ca un exemplu de rezistenţă negativă se dă deseori proprietatea cunoscută de funcţionare a tubului cu patru electrozi (tetrodă) în regim dinatron. Această particularitate constă în faptul că la creşterea tensiunii anodice, curentul anodic al tubului nu mai creşte, cum ar trebui, după legea lui Ohm, ci din contră se micşorează. Conform interpretării adoptate, această micşorare a curentului, contradictorie cu legea fundamentală a electroteh-



nicii, constituie un criteriu pentru a dovedi că rezistența care acționează în circuit este negativă.

În realitate, nu există nici un fel de rezistență „negativă" într-un asemenea circuit. Explicația efectului dinatron constă în faptul că electronii, care formează curentul anodic, lovindu-se cu putere de anod, zmulg din el alți electroni, care se numesc electroni secundari.

Electronii secundari căpătînd, ca urmare a loviturii, o anumită rezervă de energie sînt proiectați de la anod în spre grila-ecran și se pot apropia de ea la o distanță la care acțiunea de atracție a tensiunii grilei-ecran va depăși acțiunea de atracție a tensiunii anodului. De aceea, acești electroni zboară spre grila-ecran formînd în tub un curent îndreptat în sens opus curentului anodic normal și îl micșorează. Curentul anodic efectiv este egal cu diferența dintre cei doi curenți indicați.

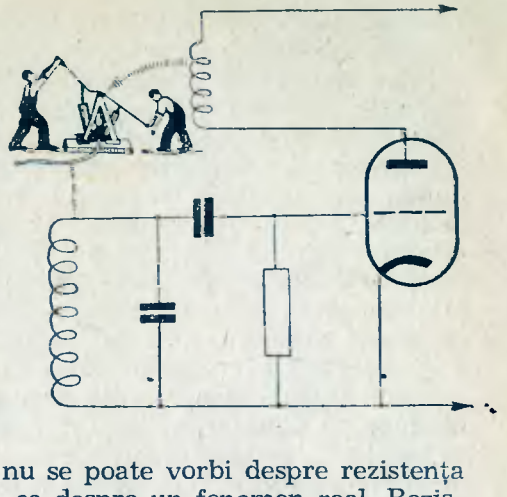
La mărirea tensiunii anodice, electronii se lovesc cu o forță mai mare de anod și zmulg din el mai mulți electroni secundari, emiși cu o viteză mărită. Fluxul de electroni secundari nu crește proporțional și ca rezultat, curentul anodic efectiv devine mai mic.

După cum vedem, în cazul de față nu putem constata prezența unei rezistențe oarecare, posedînd proprietăți neobișnuite. Fondul fenomenului constă în apariția unui al doilea flux de electroni, sensul căruia este opus față de sensul fluxului principal.

Tot atît de frecvent noțiunea de rezistență negativă este folosită și pentru explicarea funcționării receptoarelor cu reacție, a heterodinelor etc.

Explicația se reduce la faptul că reacția negativă introduce în circuitul oscilant o rezistență negativă și prin aceasta îi micșorează rezistența pozitivă — rezistența de pierderi. Cînd rezistența negativă este egală în mărime

cu rezistența pozitivă, rezistența efectivă a circuitului devine egală cu zero. La creșterea mai departe a rezistenței negative introduse, rezistența totală a circuitului devine negativă. Circuitul cu rezistență negativă se transformă într-un generator și devine sursă de oscilații.



În fond, în acest caz, nu se poate vorbi despre rezistența negativă a circuitului, ca despre un fenomen real. Rezistența circuitului, opusă deplasării sarcinilor electrice, rămîne neschimbată la orice valoare a reacției.

Pendulul oscilant lăsat să oscileze singur, se va opri repede. Noi putem însă să-i transmitem pendulului impulsuri, care să coincidă ca frecvență și sens cu oscilațiile lui. Intensitatea impulsului poate fi aleasă astfel încît el să compenseze exact acțiunea tuturor „rezistențelor" (rezistența aerului, frecarea în punctul de suspensie) și oscilațiile pendului se vor transforma astfel din oscilații amortizate în oscilații întreținute. Mărind și mai mult intensitatea impulsurilor vom transforma oscilațiile pendulului în oscilații amplificate și îl vom forța să îndeplinească un lucru oarecare.

Prin analogie cu circuitul oscilant, s-ar putea considera în acest caz că toate rezistențele care anterior au frînat mișcarea pendului, au devenit negative și nu numai că nu îl frînează, ci dimpotrivă, îi fac vînt. Noi știm însă, că aceasta nu este așa: pendulul efectuînd un lucru continuu, continuă să oscileze numai datorită faptului că îi completăm periodic rezerva de energie prin impulsurile ce i le imprimăm.

În acelaș mod se compltetază pierderile de energie și în circuitul oscilant. Cîmpul bobinei de reacție, va-

riind în ritm cu oscilațiile electrice din circuit, le menține, completînd energia care este cheltuită pentru a învinge rezistențele circuitului și radiația.

Noțiunea de rezistență negativă este adeseori folosită pentru a explica particularitățile de funcționare a detectoarelor cu cristal „generatoare", dintre care fac parte numeroase detectoare începînd cu detectorul de zincită al lui O. Losev pînă la dioda cu germaniu modernă (v. capitolul „Trei concurenți ai tubului electronic"). Producerea de oscilații de către aceste detectoare se explică prin existența în caracteristica lor a unor porțiuni cu rezistență negativă. La funcționarea pe această porțiune a caracteristicii, creșterea curentului care parcurge detectorul nu mai este însoțită de o creștere a căderii de tensiune pe detector, ci de o micșorare a acesteia.

Procesele fizice care se produc în detectoarele de acest tip nu sînt deocamdată complet clarificate, dar este cu totul evident că ele produc în cristalul detectoarelor apariția unui curent suplimentar, care coincide ca sens cu curentul principal. Acest curent suplimentar, trecînd prin generatorul legat de detector, creează pe rezistența lui interioară o cădere de tensiune suplimentară. De aceeea, crește căderea totală de tensiune pe rezistența interioară a generatorului, și deoarece noi nu luăm în considerare apariția unei surse de curent suplimentare, percepem creșterea căderii de tensiune pe rezistența interioară a generatorului ca o micșorare a căderii de tensiune pe rezistența detectorului.

Astfel, rezistența în curent electric poate să aibă sau o anumită valoare pozitivă, sau să fie egală cu zero. Ea nu este niciodată negativă. Rezistența negativă, ca o proprietate fizică a materiei nu există, cu toate că unele circuite, ca rezultat al proceselor ce se produc în ele, pot să se comporte ca și cînd rezistența lor ar fi negativă. În asemenea circuite se află însă în acest caz, în mod obligatoriu, surse de curent electric a căror energie se consumă pentru a menține toate procesele ce au loc în circuite.

Zece feluri de transformări

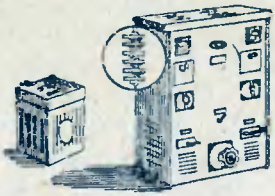
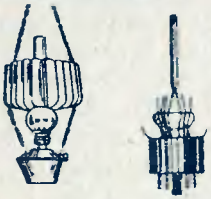
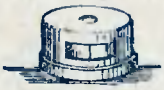
Funcţionarea aparatajului de radiodifuziune se caracterizează printr-un număr mare de transformări ale unei forme a energiei în alta.

Cînd, de exemplu, ascultătorul de radio de la sate îşi pune în funcţiune receptorul „Rodina", în instalaţia lui de radio se produc o serie de transformări ale energiei. Energia chimică a elementelor galvanice se transformă în energie electrică, energia electrică din filamentele de încălzire a tuburilor se transformă în energie termică, energia termică, transformîndu-se parţial din nou în energie electrică, accelerează electronii pînă la viteza necesară pentru emisiunea lor din filament, adică favorizează formarea curentului anodic. În beculeţul indicator cu neon, energia electrică se transformă parţial în energie termică, încălzind gazul şi balonul becului şi parţial în energie luminoasă, dînd naştere la luminozitatea roşie, cunoscută tuturor. Luminozitatea roşie a filamentelor de încălzire a tuburilor constituie un rezultat al transformării triple a energiei: chimică şi electrică, după aceea electrică şi termică, şi în sfîrşit, termică şi luminoasă. Ultima verigă din şirul lung al transformărilor energetice o constituie transformarea de către difuzor a energiei electrice în energie mecanică — acustică.

Funcţionarea oricărei instalaţii de radio abundă prin exemple de transformări de acest fel.

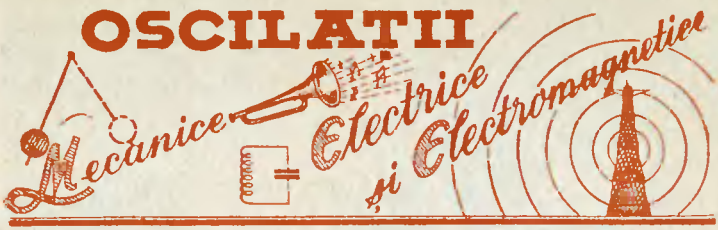
În tabela de mai jos se dau zece feluri de transformări ale energiei mai răspîndite în aparatajul de radio.
În multe cazuri, între etapele de transformare expuse în tabele mai există încă cîteva etape intermediare şi conexe. De exemplu, la funcţionarea indicatorului optic de acord (ochiul magic), dat ca exemplu de transformare a energiei electrice în energie luminoasă, se mai pot indica şi alte transformări: a energiei electrice în energie termică (încălzirea catodului), a energiei termice în energie luminoasă (luminozitatea catodului) şi electrică (lucrul de emisie), a energiei electrice în energie termică (încălzirea anodului) şi luminoasă (luminarea ecranului) etc.

	Felul transformării energiei	Elementele aparatajului
	Mecanică în electrică	Microfonul electrodinamic, doza de pick-up
	Electrică în mecanică	Difuzorul, motorul de pick-up, echipajul mobil al aparatelor de măsurat
	Luminoasă în electrică	Celulă fotoelectrică, iconoscop
	Electrică în luminoasă	Tuburile catodice ale televizoarelor şi osciloografelor, indicatorul optic de acord

Felul transformării energiei		Elementele aparatului
	Chimică în electrică	Elementul galvanic, acumulatorul (descărcare)
	Electrică în chimică	Acumulatorul (încărcare)
	Termică în electrică	Elementul termoelectric, catodul (accelerarea electrozilor pînă la viteza necesară emisiunii)
	Electrică în termică	Filamentele de încălzire ale tuburilor de radio
	Electrică în magnetică	Capul de înregistrare al magnetofonului
	Magnetică în electrică	Capul de redare al magnetofonului

Trebuie să se ia în considerare faptul că trecerea unei forme de energie în alta este însoțită totdeauna de micșorarea cantității de energie în forma inițială. Energia termică a catodului este cheltuită pentru accelerarea electronilor pînă la viteza necesară pentru emisiune și se micșorează cu valoarea energiei transportate de electronii emiși.

În această privință este interesant ultimul dintre exemplele de transformare a energiei reprezentat în tabelă. La redarea înregistrării magnetice de pe banda de magnetofon, energia magnetică a benzii nu se micșorează, deoarece dacă s-ar micșora, fiecare redare succesivă ar fi mai slabă de cît redarea precedentă. Cîmpul magnetic mobil al benzii induce, datorită energiei motorului, în capul de redare un cîmp magnetic variabil, a cărui energie se consumă pentru a crea în spirele bobinajului un curent electric. Transformarea energiei magnetice în energie electrică se produce tocmai în această ultimă etapă: cîmpul magnetic al capului — înfășurarea bobinei, și nu în cîmpul magnetic al benzii — bobinajul capului, deoarece cîmpul magnetic al benzii nu devine mai slab.

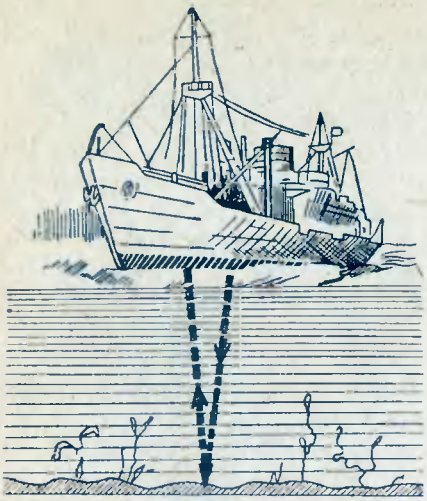


Radiotehnica în întregul ei ansamblu modern, poate fi denumită tehnica proceselor oscilatorii.

Într-adevăr, comunicațiile radio se realizează cu ajutorul undelor electromagnetice care formează un cîmp electromagnetic cu variație periodică; funcționarea aparatajului de radio se bazează pe utilizarea curenților alternativi, care sînt oscilații electrice — oscilații ale sarcinilor electrice; membranele receptoarelor telefonice și ale microfoanelor, membranele difuzoarelor, acele dozelor de pick-up efectuează oscilații mecanice; oscilațiile cîmpului magnetic în întrefierurile capetelor magnetofoanelor stau la baza funcționării acestor aparate; celulele fotoelectrice folosesc oscilațiile luminoase, iar tuburile electronice cu fascicul dirijat le creează; încălzirea catozilor tuburilor de radio este un fenomen legat de oscilațiile termice, mecanice ale moleculelor și atomilor.

Această enumerare se poate continua cu ușurință. De exemplu, am putea să amintim oscilațiile infraroșii și ultraviolete, folosite în unele celule fotoelectrice. Oscilațiile ultraacustice ale plăcilor de cuarț în sondele cu ultrasunete etc.

Lumea oscilațiilor este mare, radiotehnica din an în an o cuprinde mai bine. În tabela de mai jos sînt arătate spectrele oscilațiilor mecanice și electrice studiate deocamdată. În ultima coloană sînt reunite oscilațiile electrice propriu-zise, oscilații ale sarcinilor electrice și osci-



lații ale cîmpurilor electromagnetice, adică undele electromagnetice. Limitele diferitelor zone, indicate în tabelă, sînt aproximative, întrucît în majoritatea cazurilor nu există o delimitare precisă. După cum nu se poate duce de exemplu, o limită clară între undele lungi și medii, tot așa nu se poate determina exact limita dintre radiațiile ultraviolete și roentgen, între sunetele auzibile și ultrasunete.

Frecvența inițială a tabelei este de zece herți. Oscilațiile mecanice de această frecvență, se numesc de obicei infraacustice. Noi nu putem auzi oscilațiile cu o frecvență atît de mică, ele nu acționează asupra aparatului nostru auditiv. Dacă intensitatea oscilațiilor infraacustice este însă mare, ele au o acțiune dureroasă și neplăcută asupra organismului. Drept exemplu poate să servească așa-numita *„voce a mării"* oscilații infraacustice puternice, care iau naștere pe malul mării, în cazul unei anumite combinări a frecvențelor valurilor și vîntului. Oscilațiile electrice de frecvențe infraacustice — curenții alternativi cu frecvența de ordinul a zece herți — nu au aproape de loc aplicații practice și se utilizează pentru experiențele cu infrasunete.

O treaptă (importantă) pe scara oscilațiilor este frecvența de 15—16 herți. Oscilațiile mecanice de această frecvență se pot percepe cu urechea. De la această frecvență începe lumea sunetelor. Tot de la această frecvență începe și utilizarea oscilațiilor electrice. Curenții alternativi cu frecvența de 15—16 herți, se utilizează în

Oscilații mecanice	Frecvența herți	Oscilații electrice
Infrasunete	10	Curenți alternativi industriali
Sunete auzibile	10^2	Curenți de audiofrecvență
	10^3	
	10^4	
Ultrasunete	10^5	Unde de radio lungi
	10^6	Unde de radio medii
	10^7	Unde de radio scurte
	10^8	Unde de radio ultrascurte (metrice)
	10^9	Unde de radio decimetrice
	10^{10}	și centimetrice
	10^{11}	Unde de radio milimetrice
Oscilații termice . . .	10^{12}	
	10^{13}	
	10^{14}	Radiații infraroșii
Oscilații în atom și moleculă		
	10^{15}	Lumina vizibilă cu ochiul
	10^{16}	Radiații ultraviolete
	10^{17}	
	10^{18}	Radiații röentgen
	10^{19}	
	10^{20}	
	10^{21}	Radiații gama
	10^{22}	Radiații cosmice

numeroase aparate atît electroacustice, cît și de alte destinații. Curenții alternativi de această frecvență se folosesc și în tehnică — în rețelele de forță.

Mai departe trebuie să se menționeze frecvențele de 50—60 herți. Ele formează de obicei limita inferioară a benzii de frecvențe, redată de difuzoarele noastre, în orice caz de difuzoarele de bună calitate. În afară de aceasta, ele sînt frecvențele cele mai răspîndite ale rețelelor de iluminat de curent alternativ.

Limita superioară a benzii de audiofrecvențe se află în jurul a $16 \cdot 10^3$ herți. Urechea omenească — de obicei — nu percepe frecvențe mai ridicate. Mai departe începe domeniul frecvențelor ultraacustice, care posedă multe proprietăți extraordinare. Domeniul de aplicare al oscilațiilor mecanice de frecvență ultraacustică se extinde

rapid. Sondele, hidrolocatoarele, defectoscoapele cu ultrasunete au devenit aparate tehnice obișnuite. În cele mai variate instalații se utilizează acțiunea de fărîmițare a ultrasunetelor. Aplicațiile ultrasunetelor sînt foarte variate: de la microscoapele cu ultrasunete pînă la spălarea rufelor cu ultrasunete. Oscilațiile mecanice de frecvență ultraacustică sînt create, de obicei, prin mijloace electrice și de aceea oscilațiile electrice de această frecvență sînt foarte mult utilizate.

Este greu a preciza o anumită limită superioară a frecvențelor ultraacustice. Cea mai răspîndită este utilizarea frecvențelor pînă la aproximativ 10^5 herți, dar s-au obținut deja și își găsesc treptat utilizare practică și frecvențe mai înalte, pînă la cîțiva megaherți.

Oscilațiile electrice sînt oscilații ale sarcinilor electrice în conductoare. La frecvențe începînd de la frecvențele infraacustice cele mai scăzute și terminînd cu zeci de mii herți, aceste oscilații sînt însoțite de apariția în spațiul înconjurător a unor cîmpuri alternative electrice și magnetice, acțiunea cărora se manifestă la o distanță relativ redusă. Aceste cîmpuri se folosesc, de exemplu, pentru transformarea curentului și tensiunii.

La frecvențe mai ridicate, începînd de la aproximativ 10^5 herți, începe să se manifeste o particularitate extrem de interesantă: cîmpul electromagnetic format în spațiul de lîngă conductor se desprinde de el, în anumite condiții, și se propagă cu viteza luminii, purtînd cu el o anumită cantitate de energie. Noi numim un astfel

de cîmp „desprins" de conductor — undă radio. Undele radio au aceeaşi frecvenţă ca şi oscilaţiile electrice care le-au produs. În prezent sînt studiate şi se folosesc într-un fel sau altul undele de radio, prin urmare şi oscilaţiile electrice, pînă la frecvenţe de aproximativ 10^{11} herţi (unde radio milimetrice).

Foarte importante în tabela oscilaţiilor sînt frecvenţele de 10^{13}...10^{14} herţi. Oscilaţiile mecanice pînă la această frecvenţă se fac de către mase mari de substanţă, care acţionează ca un tot. Oscilaţiile electronice de frecvenţă mai mare fac parte din categoria oscilaţiilor termice care sînt executate de molecule sau de atomi izolaţi. Aceste oscilaţii sînt însoţite de radiaţii infraroşii (termice) cu lungimea de undă cea mai mare, adică moleculele sau atomii care oscilează devin astfel surse de unde electromagnetice.

Radiaţiile infraroşii mai scurte se exercită de astă dată ca rezultat al proceselor din interiorul atomului şi anume la trecerea electronilor de pe orbitele mai îndepărtate de nucleu la orbita mai apropiată de nucleu. Primirea de către atom a unei cantităţi oarecare de energie, de exemplu, ca rezultat al ciocnirii cu alte particule, duce la trecerea electronilor de pe orbitele mai apropiate de nucleu pe orbite mai depărtate (cu cît este mai departe orbita de nucleu, cu atît este mai mare energia elctronilor care se află pe ea). Electronii nu se menţin însă mult timp acolo şi revin pe orbita „lor", cedînd surplusul de energie sub formă de radiaţie. Electronii orbitelor exterioare cedează acest prisos de energie sub formă de radiaţii infraroşii şi luminoase, iar electronii orbitelor

aflate mai aproape de nucleu, — sub formă de emisiune a radiațiilor ultraviolete și roentgen.

Oscilațiile mecanice cu frecvența cea mai mare sînt oscilațiile atomilor în moleculă și a electronilor în atomi. Aceste oscilații sînt însoțite de radiații ultraviolete și roentgen. Unde electromagnetice de frecvență și mai mare sînt radiațiile gama. Ele nu se excită ca rezultat al trecerii electronilor de pe o orbită pe alta, ci ca urmare a proceselor ce au loc în nucleul atomic. Unele procese nucleare sînt însoțite de aruncarea din nucleu a particulelor alfa și beta (a nucleelor de heliu și a electronilor) și de emisiunea radiațiilor gama.

Radiațiile cosmice încheie tabela oscilațiilor electromagnetice. Aceasta poate să provoace nedumerire. Doar radiațiile cosmice sînt un flux de particule materiale care străbat spațiul cosmic cu viteză enormă. De ce oare ele au nimerit atunci în coloana oscilațiilor electromagnetice.

Aici ne ciocnim de una dintre numeroasele probleme interesante. Particulele elementare în mișcare se comportă simultan, atît ca particule cît și ca unde. Noi considerăm, de obicei, electronii ca fiind particule materiale, avînd o anumită masă. Dar dacă un fascicul de electroni este trecut printr-un orificiu foarte mic apar proprietățile lui ondulatorii. Frecvența corespunzătoare acestor unde depinde de viteza de deplasare a particulei. De exemplu, frecvența electronilor care se deplasează cu vitezele de care ne ciocnim în practică, este de ordinul a $6 \cdot 10^{16} \cdots 6 \cdot 10^{19}$ herți (lungimea de undă de $0{,}005 \cdots 0{,}000005$ microni) adică este identică cu frecvența radiațiilor roentgen. Particulele care formează razele cosmice se mișcă cu viteze mult mai mari, cărora le corespund frecvențele de ordinul a $10^{22} \cdots 10^{26}$ herți. Acestea sînt oscilațiile electromagnetice cele mai înalte, dintre cele cunoscute nouă.

La întrebarea „ce este vidul?“ se răspunde de obicei: „spațiul cu aerul rarefiat“ sau „spațiul din interiorul vasului, din care aerul a fost evacuat“. Putem oare să ne considerăm satisfăcuți cu asemenea răspunsuri? Poate fi oare denumit vid orice grad de rarefiere și se află el într-o legătură oarecare cu presiunea atmosferică?

Într-adevăr, să presupunem, că în balon aerul este mai rarefiat de 10 000 de ori în comparație cu densitatea lui, la presiunea atmosferică normală, adică presiunea din interiorul balonului este de 0,076 milimetri coloană de mercur. Va fi oare vid în balon? Și putem oare continua să considerăm că în balon este vid dacă acest balon este ridicat la altitudinea de 100 kilometri, unde presiunea aerului este doar de 0,007 milimetri coloană de mercur? În acest caz densitatea aerului din interiorul balonului va deveni de zece ori mai mare decît a aerului din exterior. Dacă pereții balonului nu sînt rezistenți, el va exploda ca o bombă. Unde va fi acum vidul: în interiorul balonului, sau în afara lui?

Fizica modernă nu leagă noțiunea de vid de valoarea presiunii din afara sau din interiorul vasului, ci de lungimea parcursului liber al moleculelor de gaz din interiorul lui. Moleculele gazelor se află în agitație termică haotică, neîntreruptă, care atinge viteze mari: la temperatura camerei, viteza agitației termice a moleculelor de aer este de aproximativ 450 metri pe secundă, adică se

apropie de viteza glonțului. Mișcîndu-se în toate direcțiile, moleculele se ciocnesc între ele în permanență. Cu cît aerul este mai dens, cu atît unitatea de volum cuprinde mai multe molecule și cu atît ele se vor ciocni mai des.

Dacă aerul este rarefiat, moleculele se vor ciocni mai puțin frecvent. Ele vor fi nevoite să parcurgă, în medie, o distanță mai mare între două ciocniri. Calea pe care trebuie să o parcurgă molecula între două ciocniri se numește lungimea parcursului liber.

Din punct de vedere fizic, vidul este o asemenea rarefiere la care lungimea parcursului liber este mai mare decît dimensiunile vasului. În acest caz, ciocnirile moleculelor vor fi rare, majoritatea moleculelor în cursul drumului lor de la un perete al vasului la celălalt nu se vor întîlni cu alte molecule.

În cazul unei rarefieri de 1 000 000 de ori (la presiunea de aproximativ 0,001 milimetri), lungimea medie a parcursului liber al moleculei de aer este egală cu zece centimetri. Întrucît dimensiunile balonului tuburilor receptoare-amplificatoare obișnuite sînt mai mici decît zece centimetri, din punctul de vedere al fizicii, spațiul din interiorul acestor tuburi poate fi considerat vid chiar la această rarefiere.

Pentru o bună funcționare a tubului, acest grad al vidului nu este însă suficient. Electronii, care zboară în cantitate enormă de la catodul tubului spre anodul lui, vor întîlni totuși în calea lor destul de multe molecule de aer și ciocnirile electronilor cu ele vor fi frecvente. Ca rezultat al acestor ciocniri moleculele de aer se ionizează, curentul anodic crește brusc, ionii pozitivi se depun pe grila încărcată negativ, îi modifică sarcina și prin urmare și caracterul de funcționare al tubului. În receptoare și amplificatoare aceasta duce la distorsiuni puternice. De aceea în tuburile de radio se caută să se obțină o rarefiere mult mai mare, care ajunge de obicei

pînă la 10^{-7} milimetri (0,0000001 milimetri), adică presiunea scade aproximativ de zece miliarde ori în comparaţie cu presiunea atmosferică normală. La o asemenea rarefiere lungimea parcursului liber al moleculelor se măsoară în kilometri, iar pe parcursul de la catod la anod, aproximativ un singur electron dintr-un milion se poate întîlni cu o moleculă de aer. Ciocniri atît de rare nu pot să se reflecte dăunător asupra funcţionării tubului.

Astfel, gradul de vid poate fi caracterizat prin raportul dintre lungimea medie a parcursului moleculelor de gaz şi dimensiunile balonului.

Cîte molecule de aer rămîn în tub?

La o rarefiere atît de mare obţinută în tubul electronic, în el rămîne aproximativ a zecea miliardă parte din cantitatea de aer care a fost înainte de vidare. Micşorarea de zece miliarde ori este o micşorare formidabilă. Dacă distanţa de la pămînt la soare s-ar micşora de zece miliarde ori, între pămînt şi soare ar fi o distanţă doar de 15 metri — lăţimea unei străzi mijlocii. Pămîntul, micşorat de acest număr de ori, s-ar transforma într-o fărîmă cu diametrul de aproximativ un milimetru.

Şi totuşi la o asemenea rarefiere mai rămîn în balonul tubului electronic de dimensiuni obişnuite, de exemplu tubul 6K3, încă $40 \cdot 10^{12}$ (patruzeci trilioane) molecule. Acest număr este enorm. Bobul de mac cel mai mărunt are un diametru de aproximativ 0,5 mm. Aşezîndu-le în rînduri regulate, vom putea să punem într-un milimetru cub, opt boabe de mac. Ce volum vor ocupa patruzeci de trilioane de aceste boabe?

Un calcul simplu arată că, pentru depozitarea acestei cantităţi de boabe de mac va fi necesară o încăpere cu capacitatea de 5 000 m^3, adică un cub cu latura de aproximativ 17 metri.

Dar moleculele sînt atît de mici, încît pentru amplasarea lor chiar în cantităţi de zeci de trilioane, este necesar un volum microscopic. Diametrul moleculei de gaz este egal în medie cu 10^{-6} milimetri — o milionime de milimetru. Dacă acele patruzeci de trilioane de molecule

care au rămas în balonul tubului se așază una lîngă alta, ele vor ocupa un volum doar de $4 \cdot 10^{-5}$ milimetri cubi. Acest volum este de douăsute cincizeci de milioane ori mai mic decît volumul balonului tubului. Dacă toate moleculele rămase în balonul tubului se repartizează după vidare în mod uniform în interiorul acestuia, în fiecare milimetru cub se vor găsi aproximativ optzeci de mii molecule.

Acest număr este de asemenea foarte mare, dar pentru a ne face o imagime justă asupra distanței la care se vor găsi moleculele unele de altele, toate mărimile trebuie să se transpună la scara cu care sîntem obișnuiți.

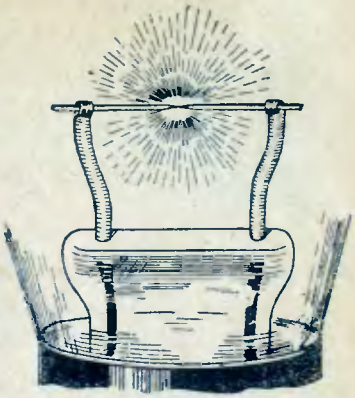
Dacă optzeci de mii molecule se distribuie uniform într-un milimetru cub, ele se vor afla la o distanță reciprocă de aproximativ 0,02 milimetri. Această distanță este de douăzeci de mii ori mai mare decît diametrul moleculei. Să trecem la scară astronomică. Distanța de la pămînt la lună este de aproximativ 25 ori mai mare decît diametrul pămîntului. Rotunjind, se poate considera că luna se află aproximativ de 1 000 ori mai aproape decît o moleculă de alta în balonul tubului. Pentru a ne imagina și mai bine aceasta să revenim la boabele de mac. Două boabe de mac foarte mici situate la o distanță care depășește de douăzeci de mii ori diametrul lor se vor afla la o distanță de zece metri. Trecînd la scara obișnuită pentru noi a spațiului locativ, aceasta reprezintă două boabe de mac într-o cameră cu suprafața de cincizeci metri pătrați. Deci, două boabe de mac într-o cameră enormă, iată care este densitatea repartiției moleculelor de gaz în tubul electronic după operația de vidare. Natural că electronii care zboară de la catod spre anod nu întîlnesc aproape de loc în camera lor molecule de aer; aceste întîlniri sînt posibile doar sub formă de excepții extrem de rare.

DE CE SE ARDE FILAMENTUL

De ce se ard filamentele tuburilor, sau exprimîndune mai puţin exact, dar mai concis, de ce se ard tuburile? Aţi cumpărat un tub de radio sau o lampă de iluminat; ea funcţionează bine un timp oarecare, dar la sfîrşit se arde, cu toate că condiţiile ei de funcţionare nu s-au modificat — i se aplică în permanenţă aceeaşi tensiune de încălzire, normală pentru ea. În ce constă sensul „fizic" al acestei arderi, de ce acelaşi curent, normal la început, devine ulterior funest?

Examinînd lampa de iluminat arsă, observăm că balonul ei s-a înnegrit în interior. Apariţia unei pelicule închise la culoare se explică prin depunerea pe pereţii balonului a vaporilor de wolfram din care este făcut filamentul. Filamentele incandescente ale lămpilor de iluminat funcţionează la o temperatură de aproximativ 2 000°C. La această temperatură se începe o vaporizare vizibilă a wolframului. Se produce de obicei următorul proces de ardere a filamentului: grosimea filamentului nu este absolut exactă pe toată lungimea lui, pe alocuri el este mai gros, în alte părţi este mai subţire. Acolo unde filamentul este mai subţire, rezistenţa lui este desigur mai mare şi din această cauză locul respectiv se încălzeşte mai intens (încălzirea este proporţională cu valoarea rezistenţei). O dată ce temperatura filamentului este mai mare, vaporizarea lui se produce mai intens în acest loc şi din această cauză filamentul se subţiază şi mai mult. Ca rezultat se obţine un fel de „reacţie": creşterea vapo-

rizării duce la subțierea accelerată a filamentului, iar aceasta duce la rîndul său la creșterea vaporizării.



Acest proces se încheie prin arderea — topirea — filamentului în locul în care el a fost mai subțire. Se aplică exact zicătoarea: unde ața e subțire, acolo se rupe. Natural că în afară de grosimea filamentului mai joacă rol și condițiile de răcire ale acestuia. De exemplu, filamentele se ard rar lîngă suporturile care favorizează degajarea de căldură. Dacă filamentul s-a ars lîngă suport, aceasta înseamnă că grosimea lui a fost mult mai mică în acest loc în comparație cu restul filamentului.

Procesul de vaporizare a materialului filamentului este mai puțin vizibil la tuburile electronice, decît la lămpile de iluminat, întrucît filamentele de încălzire a tuburilor electronice funcționează la temperaturi mai mici. „Mecanismul" de ardere propriu-zis este însă același: vaporizarea cea mai intensă a metalului filamentului se produce acolo unde el este deosebit de subțire. Tuburile cu încălzire directă se ard mai frecvent decît cele cu încălzire indirectă, întrucît filamentele de încălzire a tuburilor la baterie sînt în general mai subțiri, și în afară de aceasta, condițiile lor de răcire sînt mult mai slabe. Contactul dintre filamentul tuburilor cu încălzire indirectă și izolatorul de porțelan sau alt material care separă filamentul de catod, favorizează o bună răcire.

Este clar că, chiar o mică supraîncălzire reduce foarte mult durata de funcționare a filamentului de încălzire — procesul de subțiere a locurilor subțiri se produce cu o intensitate mărită, în cazul supraîncălzirii. Pentru a ilustra aceasta este bine să citățm încă o cifră: creșterea vaporizării wolframului la mărirea temperaturii lui este proporțională cu temperatura la puterea 38, adică proporțională cu T^{38}.

SUPRAÎNCĂLZIREA

datorită unei tensiuni prea mici

Nu există oare o eroare în titlu? Este perfect evident că supraîncălzirea poate constitui o urmare a aplicării unei tensiuni prea mari, dar în ce fel poate să apară supraîncălzirea din cauza unei tensiuni prea mici? Este natural să ne aşteptăm aici la o subîncălzire şi nu la o supraîncălzire.

Dar totuşi în titlu nu s-a strecurat nici o eroare. Tinzînd să protejeze tuburile, radioamatorii le alimentează adeseori cu o tensiune prea mică, iar aceasta duce la o supraîncălzire dăunătoare şi tubul iese din funcţiune. Aceasta se explică în felul următor:

În prezent toate tuburile de radiorecepţie au catozi activaţi, acoperiţi cu un strat de oxizi de bariu şi stronţiu. Substanţele activante permit să se obţină o emisiune electronică la o temperatură scăzută — doar de 750 ··· 800 °C. La această temperatură, vaporizarea wolframului este practic foarte mică şi durata de funcţionare a tubului nu este determinată de obicei de arderea filamentului, ci de vaporizarea sau de distrugerea stratului activ de oxizi. Tocmai în această privinţă este periculoasă alimentarea filamentului tubului cu o tensiune mai mică. Pentru stratul de oxizi prezintă un pericol mare apariţia pe suprafaţa lui a focarelor de supraîncălzire, adică încălzirea mai intensă a diferitelor puncte de pe suprafaţă în comparaţie cu regiunile învecinate; astfel de focare apar în cazul alimentării cu tensiune scăzută.

Curentul anodic al tubului trece prin stratul de oxizi. Dacă catodul este subalimentat, rezistenţa stratului de oxizi creşte puternic. Deosebit de mare este rezistenţa în locurile în care există îngroşări în stratul de oxizi. Trecînd prin aceste locuri, curentul anodic provoacă o încălzire puternică a acestora (cu cît este mai mare rezistenţa, cu atît se degajă mai multă căldură la curentul respectiv), iar aceasta duce la rîndul său la o creştere a emisiunii lor şi ca urmare curentul anodic creşte şi mai mult. Ca rezultat, temperatura acestor porţiuni din stratul de oxizi atinge punctul de vaporizare al oxidului.

Procesul are acest caracter în cazurile cînd micşorarea tensiunii filamentului nu este însoţită de o micşorare corespunzătoare a tensiunii anodice. Tensiunea anodică ridicată face să crească curentul anodic. De aceea, scăderea tensiunii de încălzire a tuburilor trebuie să fie însoţită întotdeauna de o reducere corespunzătoare a valorii tensiunii anodice şi, prin urmare, a curentului anodic.

O astfel de autoîncălzire a catodului din oxizi poate duce în unele cazuri la faptul că tubul va continua să funcţioneze şi atunci cînd curentul de încălzire a fost întrerupt. Dacă curentul anodic este suficient de mare, după întreruperea încălzirii, stratul de oxizi se va încălzi de către curentul anodic, care trece prin el, şi emisiunea catodului va continua. Astfel, pot să funcţioneze cu curent de încălzire întrerupt, de exemplu, kenotroanele, adică tuburile redresoare cu vid. Funcţionarea tubului în aceste condiţii este însă nestabilă: de obicei sau curentul anodic creşte atît încît stratul de oxizi se evaporă, sau curentul începe să se micşoreze, catodul se răceşte şi emisiunea încetează.

SIGURANȚELE *se ard la aprindere*

Se întîmplă foarte rar ca siguranța din receptorul de radio sau din televizor să se ardă în timpul funcționării. Siguranța se arde de obicei în momentul aprinderii. Ieri ați stins personal receptorul după terminarea recepției. Astăzi îl aprindeți și nu funcționează. La control se dovedește că s-a ars siguranța, prin urmare aceasta se putea produce numai în momentul aprinderii. Cum se explică acest fapt?

Filamentele de încălzire a tuburilor sînt din metal. Rezistența metalelor în curent electric se mărește la încălzire. Ne putem convinge cu ușurință de acest fapt. Care este, de exemplu, rezistența filamentului de încălzire a tubului 6K3? Noi știm că tensiunea de încălzire a acestui tub este de 6,3 volți, iar curentul de 0,3 amperi. Cunoscînd aceste date determinăm rezistența după legea lui Ohm:

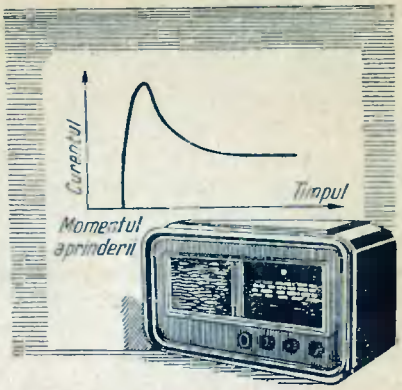
$$R = 6{,}3 : 0{,}3 = 21 \text{ ohmi.}$$

Să ne înarmăm cu un ohmetru și să măsurăm rezistența filamentului de încălzire a acestui tub: ohmetrul va indica doar 4 ohmi.

În ce să credem — în calcul, sau în măsurare?

Și în unul, și în cealaltă. Ambele mărimi sînt exacte. Ohmmetrul ne-a indicat rezistența filamentului rece, iar calculul l-am executat în aplicație la regimul normal de funcționare a tubului, deoarece tocmai în aceste condiții curentul lui de încălzire este egal cu 0,3 amperi. Rezis-

tența filamentului de încălzire rece este de patru ohmi, iar a filamentului „fierbinte" — de 21 ohmi.



Noi putem să efectuăm aceeași experiență și cu o lampă de iluminat. Un bec de 100 wați, 127 volți, are rezistența de calcul de 160 ohmi, iar la măsurarea filamentului rece, ohmmetrul va indica doar 13 ohmi, adică de 12 ori și ceva mai puțin decît valoarea rezultată din calcul. Dacă rezistența filamentului de încălzire a tubului 6K3 nu ar crește prin încălzire, curentul ei de încălzire nu ar fi 0,3, ci 1,5 amperi.

Prin aceasta se și explică faptul că siguranțele se ard la aprindere. În momentul aprinderii, filamentele tuburilor nu sînt încălzite și de aceea ele sînt parcurse de un curent foarte puternic, care depășește de cîteva ori curentul normal de încălzire. Pe măsura încălzirii filamentelor, crește rezistența lor și curentul se micșorează. Este evident că, curentul va fi maxim în momentul aprinderii, cînd filamentele de încălzire nu sînt încă încălzite de loc, iar rezistența lor este minimă. De aceea, în momentul aprinderii receptorului, televizorului sau amplificatorului se observă un salt de curent care depășește de cîteva ori mărimea curentului consumat în regim stabilizat normal. Tocmai acest salt de curent arde siguranța dacă aceasta a fost luată fără rezerva necesară, sau dacă rezerva existentă a dispărut. În practică se poate întîlni și un caz și celălalt.

Se poate întîmpla că coeficientul de siguranță al siguranței nu este mare, adică curentul care arde siguranța (curentul de topire a sîrmuliței ei), depășește doar cu puțin saltul normal de curent, care se produce la punerea aparatului în funcțiune. În acest caz este suficientă o anu-

mită creştere a tensiunii reţelei în raport cu valoarea ei nominală pentru ca siguranţa să se ardă în momentul aprinderii.

Se mai poate întîmpla ca la început siguranţa să aibă un coeficient de siguranţă necesar, însă cu timpul, aceleaşi cauze care duc la arderea filamentelor de încălzire, să favorizeze formarea unor porţiuni cu diametrul mai mic la sîrmuliţa siguranţei. Această sîrmă nu se află în vid; prin încălzire ea se oxidează şi diametrul ei se micşorează. Pînă la sfîrşit, pe o porţiune oarecare a sîrmuliţei, diametrul se micşorează astfel, încît nu suportă curentul de aprindere a receptorului şi se arde.

Acest fenomen se observă cu atît mai des cu cît sînt mai multe tuburi în aparat şi cu cît este mai mic curentul lor anodic. Deosebit de frecvent ne întîlnim cu el în televizoare. În televizoare, numărul total de tuburi este mare, dar aceste tuburi sînt de mică putere, consumă un curent anodic mic şi de aceea curentul de aprindere a televizorului depăşeşte cu mult curentul lui de regim, valoarea căruia este determinată de curentul normal de încălzire şi de curentul anodic.

Astfel, siguranţele se ard cel mai frecvent la punerea aparatului în funcţiune. În unele cazuri însă, ele se pot arde şi la oprirea lui. În momentul deconectării se dezvoltă supracurenţi, care pot să ardă siguranţa. În receptoarele cu tranzistoare, supracurenţii scot adesea din funcţiune aparatul. dacă împotriva acestui fenomen nu s-au luat măsuri speciale.

Unde este ascunsă rezistența TUBULUI ELECTRONIC

În fiecare receptor de radio sau televizor modern lucrează tuburi electronice. Fiecare dintre ele consumă curent anodic de la sursa de alimentare.

Ce factori determină valoarea acestui curent?

Problema pare să fie ușoară. Valoarea curentului din circuit este egală cu valoarea tensiunii aplicate, împărțită prin valoarea rezistenței circuitului. Dacă tubului electronic i se aplică să admitem, 100 volți, aplicînd plusul la anod, iar minusul la catod, tubul va fi parcurs de un curent a cărui valoare este determinată de rezistența tubului.

Dar tocmai aici ne lovim de dificultăți neașteptate. Într-adevăr, despre ce rezistență a tubului este vorba oare? Spațiul dintre catodul și anodul tubului este vid, din el este evacuat aerul. Vidul este un izolator excelent: rezistența vidului este extrem de mare, aproape infinită.

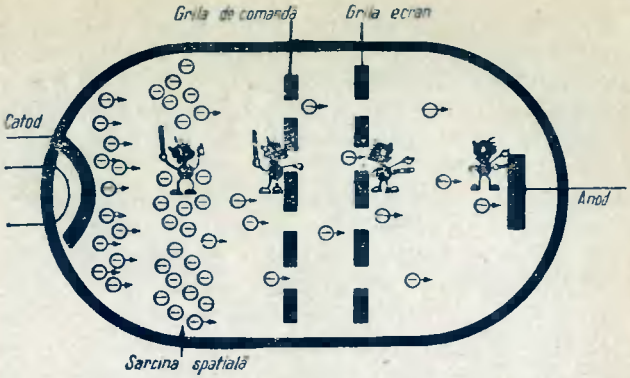
Acest răspuns sună concludent, noi vom găsi însă prin ce să-l combatem. Într-adevăr, ohmmetrul conectat între anodul și catodul tubului cu catod rece va indica infinitul. Curentul care pune în mișcare acul indicator al ohmmetrului nu poate să treacă prin vid. Dar aceasta nu constituie o dovadă că vidul este izolator. Noi denumim izolator un mediu prin care sarcinile electrice nu se pot deplasa; în vid însă, ele tocmai se deplasează fără a întîmpina nici un fel de rezistență. Experiența noastră cu ohmmetrul nu a dat rezultate negative, întrucît sarcinile electrice nu s-au putut deplasa în vid, deoarece în acest

vid nu au existat sarcini, deci nu a fost nimeni care să se deplaseze. Vidul ca atare nu constituie un izolator ideal, ci dimpotrivă constituie un conductor ideal. Sarcinile care se află în vid se mişcă fără a întîmpina o rezistenţă oarecare. Este necesar numai să se ajute sarcinile să pătrundă în vid cu o viteză oarecare. Prin încălzirea catodului, îndeplinim această condiţie. Noi împingem sarcinile, în cazul de faţă electronii dinspre catod spre vid, iar mai departe ei zboară fără a întîmpina o rezistenţă oarecare.

Poate că am reuşit să infirmăm versiunea asupra proprietăţilor izolante ale vidului şi să dovedim că el constituie un transconductor lipsit de rezistenţă, dar ... prin aceasta nu am rezolvat nimic. Dacă vidul este un izolator, curentul nu va trece prin tub; dacă însă vidul nu opune nici un fel de rezistenţă la deplasarea electronilor, la conectarea unei baterii la tub, în circuit trebuie să stabilească curentul a cărui valoare este determinată numai de forţa electromotoare a bateriei şi rezistenţa ei interioară. Cu alte cuvinte, în cazul conectării tubului la baterie, el va trebui străbătut de un curent egal ca mărime cu curentul de scurt-circuit al bateriei. Dacă bateria noastră este un acumulator, în circuitul nostru poate să apară un curent de sute şi mii de amperi.

Noi ştim însă că acest fapt nu se produce. Curentul anodic al tuburilor de recepţie-amplificare se evaluează la miliamperi sau zeci de miliamperi. Aceasta înseamnă că în tub există o rezistenţă neglijată de noi, a cărei valoare este de mii sau de zeci de mii ohmi.

Ce fel de rezistenţă este aceasta şi unde este ea ascunsă? Trebuie să răspundem direct: Nici un fel de rezistenţă în sensul fizic obişnuit, adică nici un fel de rezistenţă *„ohmică"* nu există în tub. Rezistenţa electrică este rezistenţa opusă la deplasarea sarcinilor electrice. O astfel de rezistenţă nu există în tub (noi neglijăm desigur, rezistenţa contactelor, a sîrmelor de intrare ale catodului şi a materialului tubului). Cauzele care determină valoarea curentului în circuitul tubului nu au nimic comun cu rezistenţa care determină curentul în formula legii lui Ohm pentru curenţii din conductoare.



Valoarea curentului se determină, după cum se știe, prin cantitatea de electroni care trec într-o secundă prin secțiunea transversală a conductorului. În conductoarele metalice și în alte conductoare similare participă la formarea curentului toți electronii existenți (sau alte sarcini electrice). Doar curentul electric ia naștere în conductor ca rezultat al apariției cîmpului electric care acționează fără excepție asupra tuturor sarcinilor electrice. De aceea, valoarea curentului depinde numai de viteza de deplasare a electronilor: cu cît cîmpul este mai intens (determinat de numărul de volți pe centimetru), cu atît electronii se vor deplasa mai rapid, și, prin urmare, vor trece mai mulți electroni în decurs de o secundă prin secțiunea conductorului. Este deci natural ca, în acest caz, prin oricare secțiune a circuitului să treacă o cantitate identică de electroni — curentul fiind același în orice porțiune a circuitului.

Cu totul alta este situația în circuitul tubului electronic. Aici există o porțiune — limita dintre catod și spațiul din interiorul tubului, prin care poate să treacă numai o cantitate de electroni, determinată de proprietățile de emisie ale catodului și de temperatura lui. Dacă la formarea curentului anodic participă toți electronii emiși de catod, creșterea curentului anodic este imposibilă. Tensiunea anodică poate fi mărită, însă curentul anodic nu se va mări în acest caz. Din punctul de vedere al legii lui

Ohm vom fi nevoiți să constatăm că, o dată cu creșterea tensiunii, crește și rezistența tubului și din această cauză valoarea curentului rămîne constantă. Aceasta va fi însă fals, întrucît valoarea curentului din circuitul tubului nu este determinată în cazul de față de rezistența lui, ci de emisiunea catodului.

În condițiile reale de funcționare ale tubului nu se folosește emisiunea integrală a catodului; curentul anodic real este mai mic decît curentul de emisiune al catodului. Electronii emiși de catod formează „norul" de electroni care are o sarcină negativă și care respinge înapoi spre catod electronii care au o viteză mică. Valoarea curentu-anodic depinde de intensitatea acestei sarcini spațiale. de semnul și valoarea tensiunii de pe grila de comandă a tubului și de pe celelalte grile ale acestuia. Mărind tensiunea de pe grila de comandă, micșorăm prin aceasta curentul anodic. În exterior, aceasta se percepe ca o creștere a rezistenței tubului.

Astfel, tubul electronic nu are o rezistență în sensul obișnuit al acestui cuvînt, rezistență determinată de proprietățile fizice ale conductorului. Valoarea maximă a curentului anodic este determinată de emisiunea catodului, iar între limitele determinate de emisiunea catodului, valoarea curentului este influențată de un șir de cauze: construcția tubului, tensiunea electrozilor etc.

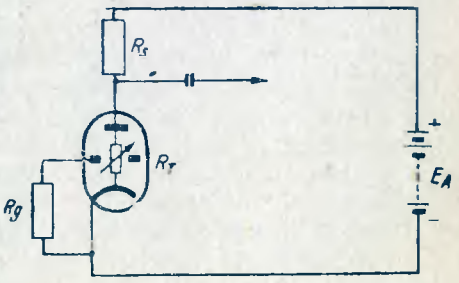
de ce AMPLIFICĂ TUBUL

Pentru a explica proprietăţile amplificatoare ale tubului electronic se obişnuieşte să se folosească comparaţia cu un releu — dispozitiv acţionat cu un consum mic de putere, care comandă însă circuite, în care acţionează o putere mult mai mare.

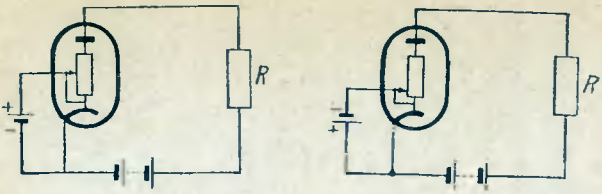
Comparaţia tubului cu un releu este însă nepotrivită, întrucît funcţionarea tubului nu se poate reduce la funcţionarea unui singur releu, care închide şi deschide un circuit şi, nu ajută în nici un fel la înţelegerea sensului şi importanţei parametrilor tubului.

Mult mai clară şi mai aproape de realitate este comparaţia dintre tubul electronic şi o rezistenţă variabilă.

Circuitul electric al etajului amplificator este format din sursa de curent, tubul şi rezistenţa de sarcină (sursa de alimentare a filamentului tubului, lipsită de importanţă, poate fi neglijată). Valoarea curentului care se stabileşte în acest circuit depinde de tensiunea sursei de curent, de rezistenţa de sarcină şi de rezistenţa tubului.



Această rezistenţă a tubului, după cum s-a arătat în capitolul precedent, are un caracter specific. Sen-

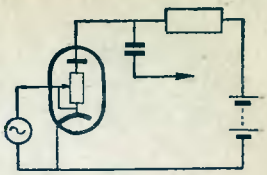


sul ei fizic nu este același ca la rezistențele construite din materiale conductoare sau ca la semiconductoare. Rezistența tubului este determinată de un șir de condiții de care depinde valoarea curentului care străbate tubul la o anumită tensiune aplicată acestuia. Afară de aceasta, rezistența în cauză este variabilă. Valoarea ei, în condiții de lucru, depinde de potențialul grilei de comandă. Dacă s-a mărit potențialul negativ al grilei, s-a mărit și rezistența tubului. Conform cu aceasta, curentul care îl străbate se micșorează. Dacă potențialul negativ al grilei a devenit mai mic sau a devenit pozitiv, împreună cu el se micșorează și rezistența tubului, datorită cărui fapt crește curentul care îl străbate.

Tubul ca rezistență variabilă posedă două proprietăți minunate. În primul rînd, pentru schimbarea potențialului grilei nu trebuie să se cheltuiască, în majoritatea cazurilor, o putere. Sursa de tensiune alternativă, conectată la grila tubului, creează în circuitul grilei numai curenți de încărcare și descărcare. Acești curenți sînt microscopic de mici, și pot fi neglijați. În al doilea rînd, variațiile rezistenței tubului la toate frecvențele, în afara celor ultraînalte, urmăresc instantaneu variațiile potențialului grilei lui. Tubul se comportă deci ca o rezistență variabilă, a cărei valoare se schimbă instantaneu și fără cheltuială de putere. Grila de comandă a tubului se comportă ca un cursor al rezistenței variabile.

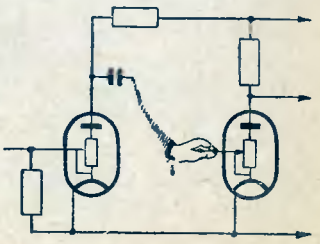
Să considerăm acum schema cea mai simplă a unui etaj amplificator: tubul, rezistența de sarcină și sursa de tensiune anodică sînt legate în serie. Tensiunea sursei se repartizează în circuit conform legii lui Ohm, proporțional cu rezistențele diferitelor porțiuni ale acestuia. O parte din tensiune va cădea pe rezistența de sarcină, o

parte pe rezistența tubului. În cazul modificării potențialului grilei se va schimba și rezistența tubului și în circuit se va produce o redistribuire corespunzătoare a tensiunilor. De exemplu, dacă potențialul grilei în loc să fie negativ a devenit pozitiv, rezistența tubului va deveni mai mică. Conform cu aceasta căderea de tensiune crește pe sarcina anodică și se micșorează pe rezistența tubului. Suma acestor căderi de tensiune rămîne însă în fiecare moment egală cu tensiunea bateriei anodice sau a redresorului.



Dacă pe grila tubului se aplică o tensiune alternativă care variază după o anumită curbă, de exemplu după o sinusoidă, rezistența tubului va varia în același fel, antrenînd și variația căderii de tensiune pe el. Datorită acestui fapt, va varia exact după aceeași curbă și căderea de tensiune de pe rezistența sarcinii anodice. Tensiunea variabilă de pe anod va reflecta ca într-o oglindă toate variațiile tensiunii de pe grila tubului. La fel ca într-o oglindă: cînd crește căderea de tensiune din tub, se micșorează tot cu atît căderea de tensiune de pe rezistența sarcinii anodice și reciproc.

Acțiunea de amplificare a tubului depinde de valoarea cu care variază rezistența lui la creșterea sau la micșorarea potențialului grilei, adică de acțiunea de comandă a grilei tubului. Cu cît vor fi mai mari variațiile valorii rezistenței tubului la variația potențialului grilei, cu atît vor fi mai importante variațiile tensiunii de pe sarcină, adică montajul va amplifica cu atît mai mult.



Ce anume determină valoarea cu care variază rezistența tubului? Este evident că această valoare este determinată de măsura în care se mărește sau se micșorează curentul care

parcurge tubul la variaţia potenţialului grilei cu un volt. Acest parametru al tubului poartă denumirea de pantă a caracteristicii sau pur şi simplu pantă (S). Cu cît panta tubului este mai mare, cu atît rezistenţa lui — sub acţiunea potenţialului grilei — variază mai intens şi cu atît el poate să dea o amplificare mai mare. Tocmai din această cauză, panta este unul dintre cei mai importanţi parametri ai tubului.

Astfel, este foarte comod să se considere tubul electronic amplificator ca o rezistenţă variabilă. Cu cît la variaţia potenţialului tubului variază mai mult rezistenţa tubului, cu atît capacităţile de amplificare ale tubului sînt mai mari. Capacitatea de amplificare a tubului este caracterizată mai ales de panta acestuia.

Ce este R_i?

Rezistența tubului electronic, precizată cu două capitole mai înainte, determină valoarea curentului care se stabilește în circuitul anodic al tubului în regim static de funcționare, adică atunci cînd tensiunile tuturor electrozilor sînt neschimbate. Ea se numește adesea rezistența în curent continuu.

Rezistența în curent continuu nu face însă parte dintre parametrii tubului — indicii lui de bază. În lista parametrilor figurează totdeauna rezistența interioară a tubului R_i.

Ce este oare rezistența interioară a tubului și prin ce diferă ea de rezistența în curent continuu?

În orice circuit electric, amplificarea sau slăbirea curentului reprezintă în fond o creștere sau o micșorare a numărului de electroni sau a oricăror alte sarcini electrice care străbat în decurs de o secundă secțiunea transversală a conductorului. În conductoarele obișnuite participă la crearea curentului toate sarcinile și valoarea curentului depinde doar de viteza deplasării lor, această viteză fiind proporțională cu tensiunea: cu cît este mai mare tensiunea, cu atît este mai mare viteza și prin urmare este mai mare curentul. Cu alte cuvinte, între valorile tensiunii și curentului există o dependență liniară.

Altfel stă situația în ceea ce privește tubul electronic. O dată cu creșterea tensiunii anodice crește nu numai viteza de deplasare a electronilor în spațiul dintre catod și

anod, ci şi numărul de electroni. Curentul anodic al tubului este format de electronii pe care anodul încărcat pozitiv îi „aspiră" din norul electronic care înconjoară catodul. Pentru fiecare valoare dată a tensiunii anodice şi a potenţialului grilei de comandă (şi a tuturor celorlalţi electrozi), curentul anodic este format de electronii a căror viteză depăşeşte o anumită valoare. Electronii cu viteze mici sînt respinşi înapoi spre catod. Dacă creşte tensiunea anodică sau dacă se măreşte potenţialul grilei de comandă, pot să participe la formarea curentului anodic şi electronii care au viteze mai mici.

Astfel, atît o creştere a tensiunii anodice cît şi o creştere a potenţialului grilei de comandă sînt însoţite nu numai de o creştere a vitezei de deplasare a electronilor, care formează curentul anodic, cît şi de o creştere a numărului de electroni care participă la formarea acestui curent. La micşorarea tensiunii anodice sau a potenţialului grilei, nu numai că se reduce viteza de deplasare a electronilor, ci şi numărul de electroni. De aceea, dependenţa dintre curentul anodic şi tensiunea anodică nu se aseamănă cu dependenţa dintre curentul şi tensiunea din conductoare. Nu există o proporţionalitate directă între tensiunea anodică şi curentul anodic. Sistemele cu asemenea proprietăţi se numesc neliniare.

Această particularitate a tuburilor electronice duce la faptul că rezistenţa lor nu este aceeaşi în curent continuu şi curent alternativ. Întrucît tuburile se folosesc în curent alternativ, pentru calculele cu ele trebuie să se cunoască valoarea rezistenţei tubului tocmai în curent alternativ. Această valoare arată cu cît variază curentul anodic al tubului la variaţia tensiunii anodice. Pe o anumită porţiune a caracteristicii anodice a tubului, variaţia curentului anodic este direct proporţională cu variaţia tensiunii anodice.

Acest raport dintre variaţia tensiunii anodice şi variaţia curentului anodic poartă tocmai denumirea de rezistenţă interioară a tubului şi se notează prin simbolul R_i.

DIMENSIUNILE tuburilor electronice ȘI PARAMETRII LOR

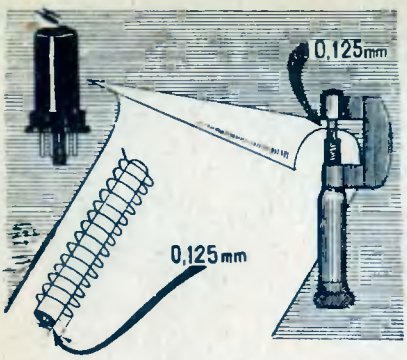
Panta caracteristicii constituie unul dintre cei mai importanți parametri ai tuburilor electronice. Valoarea mare a pantei este deosebit de importantă la tuburile destinate să funcționeze la frecvențe ultraînalte.

Procedeele de obținere a unei pante mari sînt bine cunoscute.

Cel mai important dintre ele este mărimea curentului de emisiune al catodului și apropierea grilei de comandă de catod.

Pînă la ce limită se poate ajunge oare? Aceasta se poate demonstra foarte ușor utilizînd exemplul pentodei de televiziune 6Ж4. Acest tub are un catod mare, care consumă la încălzire o putere mărită (mai mare cu 50% decît la tuburile obișnuite), iar grila se află doar la 0,125 mm de catod.

0,125 mm reprezintă grosimea unei coale de hîrtie de scris. La această distanță se află grila de catodul încălzit pînă la 800 · · · · 900°C. Este suficientă o cît de mică deformare a grilei, pentru ca între ea și catod să se producă un scurtcircuit. Fabricarea acestor tuburi necesită o înaltă precizie și este mai dificilă decît fabricarea tuburilor obișnuite. Mărirea pantei tubului prin aplicarea catozilor mari și apropierea grilei de catod duce însă la creșterea capacității grilă de comandă — catod, adică a capacității de intrare a tubului, ceea ce nu este de dorit la frecvențele ultraînalte, întrucît duce la micșorarea amplificării.



Ne scapă doar faptul că la micşorarea distanţei dintre catod şi grilă, panta creşte într-o măsură mai mare decît capacitatea. Între aceste mărimi există o dependenţă interesantă: capacitatea dintre grilă şi catod creşte proporţional cu micşorarea distanţei dintre ele, iar panta caracteristicii creşte proporţional cu pătratul aceleiaşi mărimi. Dacă capacitatea creşte, să presupunem de două ori, concomitent cu aceasta, panta creşte de patru ori şi ca rezultat — raportul dintre pantă şi capacitate va deveni mai bun.

Această relaţie favorabilă pentru pantă, a sugerat căile dezvoltării tuburilor şi anume, micşorarea dimensiunilor lor.

Iată, de exemplu, un tub pentru frecvenţele ultraînalte, — un tub *„ghindă"*. La acest tub catodul nu corespunde de loc condiţiilor indicate mai sus. Dimpotrivă, dimensiunile lui şi — prin urmare — şi suprafaţa activă sînt atît de mici încît pentru încălzirea lui este necesară o putere de două ori mai mică decît la tuburile obişnuite. Panta tuburilor-ghindă este însă aceeaşi ca şi la tuburile obişnuite. În acelaşi timp ele funcţionează bine la frecvenţe înalte pînă la cîţiva megaherţi.

La tuburile-ghindă, dimensiunile geometrice sînt extrem de mici, datorită cărui fapt şi capacităţile dintre electrozi sînt foarte reduse. Totodată, datorită distanţei mici dintre grilă şi catod se reuşeşte să se obţină o pantă echivalentă cu panta tuburilor obişnuite. În cazul acestei construcţii se obţine un raport foarte avantajos între pantă şi capacitate.

Aceasta se poate confirma cu uşurinţă prin calcule. Să presupunem, că s-a modificat construcţia tubului obişnuit: electrozii lui s-au scurtat şi s-au apropiat astfel în-

cît distanţa între ei s-a redus la jumătate, iar suprafaţa electrodului la un sfert. Cum se va manifesta acest fapt asupra pantei caracteristicei şi a capacităţii grilă-catod? Ca rezultat al reducerii suprafeţei la un sfert, capacitatea dintre electrozi se reduce la jumătate. Alta este situaţia cu panta. Reducerea suprafeţei active a catodului la un sfert va duce la o micşorare la un sfert a pantei, întrucît emisiunea catodului este proporţională cu suprafaţa lui activă. Reducerea însă la jumătate a distanţei dintre grilă şi catod va duce la o creştere a pantei de patru ori şi — ca rezultat — panta va rămîne neschimbată, ca şi pînă la micşorarea electrozilor. Prin urmare, micşorarea electrozilor a dus la micşorarea capacităţii rămînînd neschimbată valoarea pantei: raportul dintre capacitate şi pantă a devenit mai bun: s-a dublat. În această privinţă micşorarea dimensiunilor tuburilor dă rezultate bune. De aceea şi tuburile „miniatură" sînt relativ mai bune decît tuburile obişnuite, adică tuburile noastre „vechi", cu balon de sticlă sau de metal, cu soclu octal. Dimensiunile geometrice ale tuburilor „miniatură" sînt micşorate; în afară de aceasta, în ele ca şi în tuburile ghindă, s-au luat măsuri pentru micşorarea capacităţii dintre contacte. Ca rezultat, la tuburile „miniatură" cum sînt 6Ж1П şi 6Ж3П, s-a reuşit să se obţină un raport bun între capacitate şi pantă, ceea ce permite utilizarea lor eficace la frecvenţele ultraînalte.

Cum funcţionează etajul amplificator cu tub electronic?

Schema lui generală de funcţionare este simplă. Pe grila tubului se aplică o tensiune alternativă. Potrivit cu variaţiile tensiunii, variază valoarea curentului anodic. Acest curent, trecînd prin rezistenţa sarcinii anodice creează în ea o cădere de tensiune variabilă, care este tocmai tensiunea de ieşire a etajului.

Imaginea va fi într-adevăr aceasta, doar cu condiţia ca tensiunile electrozilor rămînînd invariabile, curentul anodic să rămînă riguros constant.

Este oare aşa în realitate? Poate fi considerat curentul anodic riguros constant?

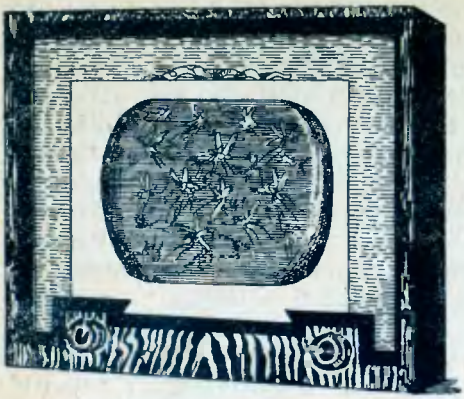
Din păcate, curentul anodic al tubului, păstrînd neschimbate tensiunile grilei, anodului şi celorlalţi electrozi, nu este în realitate perfect constant. Valoarea curentului anodic depinde de emisiunea catodului — adică de numărul de electroni emişi de catod şi care ating anodul în unitatea de timp, iar emisiunea catodului este supusă anumitor oscilaţii. La intervale egale de timp, catodul nu radiază un număr riguros exact de electroni. Diferenţa în ceea ce priveşte cantitatea de electroni radiaţi este neînsemnată, dar totuşi ea există şi potrivit cu aceasta, curentul anodic suferă variaţii mici cu caracter haotic, care duc la apariţia pe rezistenţa anodică de sarcină a unei tensiuni alternative.

Fluxul de electroni, care creează curentul anodic nu are o structură atît de omogenă ca, de exemplu, un jet de apă. El poate să fie asemuit mai de grabă cu un şuvoi de alice, care se scurge, să spunem, dintr-un vas oarecare; numărul de alice care cad în momente de timp diferite, nu este identic. Această analogie, cum şi faptul că tensiunea alternativă creată pe sarcina anodică a tubului se aude în difuzor sau în casca telefonică sub formă de zgomot, un zgomot care aminteşte zgomotul alicelor care se scurg pe o suprafaţă oarecare, au constituit temeiul de numire al acestui fenomen „efect de alice".

Zgomotul produs de „efectul de alice" într-un singur etaj este greu de sezisat, dar dacă după etajul producător de zgomot mai există încă cîteva etaje amplificatoare, zgomotul va fi amplificat de acestea şi poate atinge o valoare care nu mai poate fi neglijată. Cu cît tubul are mai mulţi electrozi, cu atît el produce mai multe zgomote. Triodele produc cel mai puţin zgomot. Pentodele produc un zgomot de 2·····3 ori mai puternic decît triodele. Cel mai mare zgomot îl produc tuburile multigrile schimbătoare sau amestecătoare. Această particularitate a tuburilor constituie un dezavantaj. Natural că, în primele etaje ale receptoarelor şi amplificatoarelor este de dorit să se folosească tuburile cele mai puţin „zgomotoase", întrucît zgomotul produs de ele este amplificat în toate etajele următoare. În această privinţă cele mai bune ar fi triodele — exact tuburile care nu se folosesc în primele etaje.

În primul etaj al receptoarelor superheterodină lucrează în majoritatea cazurilor tuburi schimbătoare care produc cel mai mult zgomot. Zgomotul creat de ele este amplificat de toate tuburile receptorului, dar de regulă, se aude foarte rar la ieşire. Acest zgomot a căpătat denumirea de „zgomotul superheterodinelor". Aceasta nu înseamnă, de sigur, că zgomotele lipsesc în receptoarele cu amplificare directă. Dacă sensibilitatea este mare şi într-un astfel de receptor, zgomotele vor fi suficient de mari.

Cea mai bună măsură de combatere a zgomotului de superheterodină este folosirea unui etaj amplificator înainte de schimbător, adică introducerea într-un receptor super-



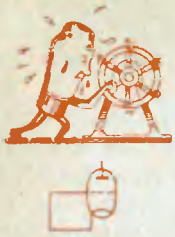
heterodină a unui amplificator de înaltă frecvență. În amplificatorul de înaltă frecvență se folosesc pentode, care sînt mult mai puțin zgomotoase decît tuburile schimbătoare. Semnalele amplificate de acest etaj atacă grila tubului schimbător cu un raport mult mai avantajos între tensiunile semnalului și zgomotului. Acest procedeu este însă scump și se folosește numai în receptoarele de foarte bună calitate.

Tuburile produc cu atît mai puțin zgomot, cu cît este mai mare panta caracteristicii lor la un curent anodic relativ mic. Calculul arată, de exemplu, că la intrarea unui receptor de radiodifuziune, pentoda de înaltă frecvență 6K3 creează o tensiune de zgomot de aproximativ un microvolt, iar pentoda de televiziune 6Ж4 — doar de aproximativ 0,25 microvolți. Tubul 6A7 — schimbător de frecvență — produce o tensiune de zgomot de aproximativ 5 microvolți, adică de 20 ori mai mare decît tubul 6Ж4. Aceasta înseamnă că semnalele cu tensiunea pînă la 5 microvolți vor fi complet acoperite de zgomote și chiar și semnalele cu tensiunea de 10 microvolți vor fi însoțite de un zgomot de fond puternic.

Valoarea zgomotelor este de asemenea legată de banda de frecvențe care trece prin receptor și anume: tensiunea efectivă de zgomot este proporțională cu rădăcina pătrată a benzii de trecere. Cu cît banda este mai lată, cu atît se manifestă mai intens zgomotele create de „efectul de alice". De aceea, în receptoarele de înaltă calitate, care posedă o bandă de trecere largă, zgomotele se percep relativ mai puternic decît la receptoarele care lasă să treacă o bandă mai îngustă. În această privință, în condițiile cele

mai puțin avantajoase se găsesc receptoarele de televiziune cu banda pînă la patru megaherți și chiar mai mult. Ele sînt de zeci de ori mai „zgomotoase" decît receptoarele de radiodifuziune.

Receptoarele de televiziune permit nu numai să se audă zgomotele tuburilor ci chiar să se vadă. Dacă ne uităm cu atenție la ecranul unui televizor în funcțiune, putem observa pe el o mulțime de „musculițe" luminoase. În jargonul profesional al tehnicienilor de televiziune aceste puncte luminoase poartă denumirea de „musculițe". Aceste „musculițe" reprezintă în mare măsură zgomotele amplificate ale primelor tuburi ale televizorului. Cu cît televizorul este mai sensibil, cu atît sînt mai multe „musculițe" pe ecran.



Ce este mai greu?

MUNCA SAU ODIHNA

Problema pusă de titlu se referă la aparatele radiotehnice, sau mai exact la piesa cea mai importantă din ele şi anume la tubul electronic.

În ce stare se poate considera că tubul lucrează şi în ce stare se odihneşte? De sigur, nu vom considera că tubul se odihneşte cînd este nealimentat. Vom vorbi numai despre tubul în funcţiune şi vom conveni că el funcţionează cînd debitează putere utilă în circuitul anodic şi se odihneşte cînd funcţionează în gol.

Sarcina principală a tubului în funcţiune este suportată de doi electrozi: catodul, care emite electroni şi anodul, care suportă energia cinetică a electronilor, care îl bombardează şi care formează curentul anodic. Această energie cinetică se transformă pe anod în energie termică, anodul încălzindu-se. Valoarea emisiunii caracterizează sarcina catodului, iar puterea disipată de anod caracterizează sarcina care îi revine. Sarcina celorlalţi electrozi poate fi neglijată. Grila de comandă, cu toate că este electrodul care funcţionează cel mai activ, în circuitul ei, în majoritatea cazurilor, nu se produce o cheltuială de putere; de asemenea în circuitul celorlalţi electrozi auxiliari se derivă doar o parte neînsemnată din curentul anodic. Atît catodul cît şi anodul îşi menţin sarcina atît în timpul funcţionării cît şi în perioadele de repaus. Cînd însă le este mai greu? Prin analogie cu maşinile obişnuite se insinuiază răspunsul: este mai greu să se depună o muncă utilă decît să se lucreze în gol. Deci, electrozii tubului

trebuie să susţină o sarcină mărită în perioadele cînd tubul depune o muncă utilă.

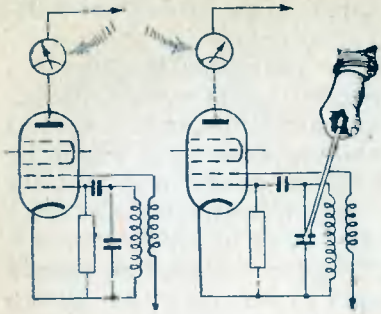
În realitate, situaţia nu este chiar totdeauna aşa. Să luăm unul din cazurile de utilizare cele mai frecvente ale tubului electronic, şi anume etajul amplificator funcţionînd în regim de clasă A. Acest regim se caracterizează, după cum se ştie, prin faptul că valoarea medie a curentului anodic al tubului rămîne constantă atît atunci cînd există oscilaţii pe grila de comandă, cît şi în lipsa acestora. Aceasta înseamnă că de la sursa de alimentare — baterie anodică sau redresor —, se preia în permanenţă o putere neschimbată.

Bateria anodică sau redresorul formează însă „furnizorul" unic de energie în etajul amplificator. Tubul ca atare nu produce energie, el doar comandă energia bateriei anodice, sau, mai bine zis, o distribuie prin diferite circuite şi porţiuni ale acestora. Dacă etajul nostru de amplificare este final, atunci sarcina circuitului lui anodic este un difuzor. Dacă nu avem semnal, difuzorul tace — el nu consumă energie. Cînd pe grila tubului se va aplica un semnal, difuzorul va începe să sune: el începe să consume energie, transformînd energia electrică în energie acustică.

De unde se ia această energie, pe care o împrăştie difuzorul în spaţiu sub formă de unde acustice?

Tensiunea sursei de alimentare se repartizează în circuitul anodic al etajului între sarcina anodică şi tub, proporţional cu rezistenţele lor. În lipsa semnalului, această repartiţie se realizează proporţional cu rezistenţa sarcinii în curent continuu şi cu acea rezistenţă a tubului, despre care s-a vorbit în capitolul „Unde este ascunsă rezistenţa tubului electronic". Cînd se aplică semnalul pe grila tubului, în sarcina anodică se va cheltui mai multă energie: difuzorul începe să o radieze sub formă de sunet. Întrucît cantitatea totală de energie, debitată de bateria anodică nu se schimbă în acest caz, creşterea consumului de energie în sarcină anodică se poate produce, prin urmare, numai datorită energiei care revine tubului.

Deci, am demonstrat, că în perioadele de „odihnă" ale tubului care funcţionează în etaj amplificator clasa A, în



tubul însuşi se consumă mai multă putere decît în timpul „lucrului". La aplicarea unui semnal pe grila tubului se produce redistribuirea consumului de energie în diferite porţiuni ale circuitului anodic al etajului, şi anume: în sarcina anodică începe să se degaje mai multă energie decît în perioada de repaus, iar în tub — mai puţină.

Reiese că pentru un tub este mai greu să se odihnească decît să funcţioneze.

Această proprietate este şi mai pronunţată la tuburile oscilatoare, care funcţionează cu autoexcitaţie. Tubul funcţionează în acest caz de obicei cu negativare automată, a cărei valoare depinde de intensitatea oscilaţiilor generate. Regimul de funcţionare al tubului se alege astfel ca în prezenţa fenomenului de producere a oscilaţiilor, curentul anodic să nu depăşească valoarea admisibilă pentru tubul respectiv. La întreruperea oscilaţiilor, negativarea dispare, curentul anodic creşte brusc, iar puterea disipată pe anod creşte, astfel încît anodul se poate încălzi pînă la roşu şi se poate chiar topi. După cum vedem, în unele cazuri odihna poate deveni chiar fatală pentru tub.

Creşterea curentului anodic la întreruperea oscilaţiilor se produce şi în receptoarele superheterodine. Pe utilizarea acestui fenomen se bazează chiar şi procedeul cel mai simplu de determinare a faptului dacă heterodina oscilează: dacă prin scurtcircuitarea circuitului oscilant al heterodinei, curentul anodic se măreşte (ceea ce se constată cu un miliampermetru aşezat în circuitul anodic), înseamnă că heterodina oscilează. Prin urmare, pentru heterodine este de asemenea mai uşor să „lucreze" decît să se odihnească.

Putem da foarte multe exemple de acest gen. Se întîmplă însă şi invers: tubul odihnindu-se, se află într-adevăr în

condiții mai ușoare. De exemplu, regimul tuburilor finale în clasă B se caracterizează prin faptul că atunci cînd lipsesc oscilațiile de pe grila de comandă, curentul anodic este foarte mic, iar atunci cînd apar oscilațiile, valoarea medie a curentului anodic crește; această creștere este cu atît mai mare, cu cît oscilațiile sînt mai puternice. Pînă în prezent nu am amintit nimic despre sarcina suportată de catod. Tensiunea de încălzire a catodului nu se schimbă în timpul odihnei și în timpul funcționării, însă emisiunea lui, riguros vorbind nu rămîne constantă. Curentul anodic al tubului trece prin catod și îl încălzește. Cînd curentul anodic crește, crește împreună cu el și încălzirea catodului, și prin urmare, crește emisiunea. De aceea, cînd, de exemplu, crește curentul anodic datorită întreruperii oscilațiilor produse de tubul oscilator, aceasta duce la o încălzire suplimentară a catodului și la o creștere a emisiunii. Prin urmare și catodul este deseori nevoit să lucreze cu o intensitate mai mare în perioadele de odihnă ale tubului decît în perioadele cînd acesta lucrează.

De ce se încălzesc ANOZII

Anozii tuburilor amplificatoare se încălzesc puternic în timpul funcționării. La tuburile amplificatoare de mare putere ei se încălzesc astfel încît ajung la incandescență roșie. La tuburile oscilatorii mari, este necesară o răcire specială a anozilor — cu apă sau cu aer, întrucît altfel, ei ar putea să se topească.

Dar de ce se încălzesc totuși anozii?

Răspunsul pare a nu fi dificil: încălzirea este produsă de curentul electric. Prin tub se scurge curentul anodic, care încălzește atît anodul, cît și toți electrozii prin care circulă și, în general, tot tubul. Trecerea curentului electric este totdeauna însoțită de degajare de căldură. Savantul Lenz din Petersburg și simultan cu el englezul Joule au dedus legea, cunoscută în fizică, prin care se enunță că la trecerea curentului în circuit se degajă o cantitate de căldură

$$Q = 0{,}24\ RI^2t \text{ calorii},$$

în care R este rezistența circuitului;

I — intensitatea curentului;
t — timpul.

Această formulă nu provoacă nici o îndoială, din ea face însă parte R. Unde este oare în cazul nostru acest R? Într-adevăr, pentru ca o parte din energia curentului electric să se transforme în căldură trebuie ca acest curent să întîlnească în calea lui o rezistență. Electronii

care formează curentul electric, ciocnindu-se cu particulele de substanță, le cedează energia, mărind amplitudinea oscilațiilor lor. sau viteza; aceasta denumim noi tocmai încălzire.

În tub nu vom reuși însă să găsim o rezistență potrivită pentru degajarea în ea a căldurii. Spațiul dintre catod și anod este vid, electronii îl străbat fără ciocniri și de aceea în el nu se degajă căldura: acolo nu există rezistență, în sensul ei fizic (v. capitolul „Unde este ascunsă rezistența tubului electronic"). Rămîne doar anodul. Curentul anodic se scurge indiscutabil prin anod, care reprezintă o rezistență electrică bine determinată. Această rezistență este însă extrem de mică și căldura care se degajă din ea este neînsemnată. Ne putem convinge cu ușurință de acest fapt pe baza experienței: Curentul anodic al tubului final al unui receptor de radio, de exemplu tubul 6П3С, este de aproximativ 50 miliamperi. Luați un tub 6П3С defect, spargeți-i balonul, scoateți anodul și introduceți-l într-un circuit în care să se mențină un curent de 50 miliamperi. Veți vedea că anodul nu se încălzește de loc.

Acest rezultat poate fi confirmat ușor prin calcule. Rezistența anodului tubului final este egală cu aproximativ 0,01 ohmi, iar curentul anodic este de aproximativ 0,05 amperi. Din formula lui Lenz-Joule, reiese că — dacă se menține acest curent — în timp de o secundă pe anod, se vor degaja 0,000006 calorii. Trebuie să se mențină curentul de 50 miliamperi timp de 46 ore, pentru ca pe anod să se degajeze cantitatea de căldură care este necesară pentru încălzirea unui centimetru cub de apă cu un

grad. De aceea nu poate fi vorba de o încălzire cît de cît perceptibilă a anodului de către curentul anodic.
Dar totuşi anodul se încălzeşte. Şi se încălzeşte foarte puternic. Care este atunci cauza?
Tubul electronic nu este un aparat obişnuit. Noi am mai spus că rezistenţa tubului nu este o rezistenţă în interpretarea obişnuită a cuvîntului. Tot astfel stă situaţia şi cu încălzirea anodului. Anodul este încălzit de către curentul anodic, dar aceasta nu este o încălzire obişnuită, pe care o produce curentul. trecînd prin conductor. Anodul se încălzeşte ca rezultat al frînării bruşte a electronilor. Electronii zboară în spaţiul catod-anod cu o viteză care se ridică la mii de kilometri pe secundă. Ajungînd la anod, ei îşi continuă mişcarea în el, însă de astă dată cu o viteză care se evaluează la milimetri pe secundă. Pe suprafaţa anodului se produce o frînare bruscă a electronilor, electronii se lovesc de particulele din materia din care este constituit anodul şi le cedează energia lor de mişcare. Energia cinetică se transformă în energie termică, comunicîndu-se anodului şi încălzindu-l.
În viaţă ne întîlnim frecvent cu o asemenea încălzire prin lovituri. Luaţi un ciocan şi loviţi cu forţă de cîteva ori o bucată de metal: metalul se va încălzi vizibil. Astfel şi electronii, lovindu-se în şuvoi nenumărat de anod, îl încălzesc.
Desigur că, în fond, în acest caz „mecanismul" de încălzire este acelaşi ca şi la trecerea curentului prin rezistenţă: electronii ciocnindu-se de particulele de substanţă, le cedează energia lor. Datorită însă vitezei mai mari a electronilor, se va degaja mult mai multă căldură.

Ce se obține prin ÎNNEGRIREA anozilor ?

Ca rezultat al bombardamentului, anozii tubului se încălzesc. Aceasta este periculos din două motive. În primul rînd la o temperatură prea înaltă a anodului, din metal pot începe să se degajeze gaze. În al doilea rînd, încălzirea anodului creează încălzirea suplimentară a catodului. Pentru catozii cu oxizi, care funcționează la o temperatură relativ joasă, acest lucru poate fi fatal, întrucît catozii cu strat de oxizi își pierd emisiunea prin supraîncălzire.

Cum se poate micșora încălzirea anodului?

Procedeul cel mai simplu este să se mărească suprafața anodului, astfel ca fiecărui centimetru pătrat al acestuia să-i revină o putere disipată mai mică. Acest procedeu este însă legat de mărirea dimensiunilor generale ale tubului, ceea ce îl scumpește, duce la mărirea dimensiunilor aparatajului și face mai dificilă mînuirea lui.

Pentru a reduce temperatura anodului, fără a mări dimensiunile acestuia, trebuie să se găsească posibilitatea de a evacua căldura care se degajează de pe el. Întrucît anodul se află în vid, evacuarea căldurii se poate realiza numai prin radiație.

Se știe din fizică că radiația optimă este proprie corpurilor negre. Această particularitate se și folosește pentru răcirea anozilor. Experiențele au arătat că, anozii înnegriți se încălzesc mult mai puțin decît anozii neînnegriți, executați din același material.

Anozii tuburilor de recepție-amplificare se execută din nichel. Există mai multe procedee de înnegrire a nichelului. Cele mai bune rezultate în ceea ce privește radiația se obțin prin carbonare adică aplicarea pe suprafața nichelului a unui strat fin de carbon care se obține prin recoacerea nichelului în vapori de benzen și hidrogen. Anodul carbonat suportă o putere de 4 ··· 5 ori mai mare decît cel necarbonat. Folosirea acestor anozi a permis să se micșoreze dimensiunile tuburilor finale. La tuburile de dimensiuni mici, care au electrozi de dimensiuni mici, este necesar să se înnegrească nu numai anozii tuburilor finale, ci și a tuturor tuburilor în general.

TUBUL electronic ŞI TERMOSUL

Fiecare radioamator a avut de nenumărate ori ocazia să-şi frigă degetele de baloanele tuburilor, în special a tuburilor finale şi a kenotroanelor. Aceste tuburi se încălzesc atît, încît sfîrîie ca un fier de călcat, dacă sînt atinse cu degetele umede.

Este clar de ce se încălzesc catozii. Ei sînt încălziţi de curentul de încălzire şi în mod suplimentar îi încălzeşte curentul anodic. Anozii tuburilor se încălzesc ca rezultat al bombardamentului electronic (v. capitolul „De ce se încălzesc anozii").

Dar de ce se încălzesc baloanele? Într-adevăr, în interiorul balonului se află catodul incandescent şi anodul foarte fierbinte, dar din spaţiul care îi separă de balon, aerul este evacuat, acolo neexistînd nici un material conducător de căldură. Dacă într-un termos se toarnă apă clocotită, pereţii lui exteriori rămîn reci. Aceasta se explică prin faptul că pereţii termosului sînt dubli şi aerul este evacuat din spaţiul dintre ei. De ce atunci aceleaşi proprietăţi ale vidului care creează izolaţia termică în termos, încetează dintr-odată să acţioneze în tubul electronic?

Încălzirea baloanelor tuburilor electronice se produce datorită faptului că anodul şi catodul se răcesc prin radiaţia termică, adică prin radiaţiile infraroşii. Aceste radiaţii trec prin vid complet liber, însă sticla balonului le absoarbe în mare măsură şi de aceea se încălzeşte. Acestea sînt proprietăţile sticlei: ea este transparentă pentru un-

dele luminoase, dar mult mai puțin transparentă pentru undele mai lungi și mai scurte, adică pentru undele ultraviolete și infraroșii. Metalul este complet opac pentru radiațiile infraroșii și de aceea baloanele metalice se încălzesc și mai intens decît cele de sticlă.

Dar care este situația termosului? În termos există de asemenea un corp încălzit (apa clocotită), există vidul și balonul de sticlă.

Aici sînt numai „contradicții" aparente. Radiațiile infraroșii cresc brusc la mărirea temperaturii (proporțional cu puterea a cincea a temperaturii: t^5). Apa clocotită la 100° radiază mult mai puțin decît catodul încălzit pînă la 800°C, sau anodul care se încălzește adesea pînă la cîteva sute de grade. Afară de aceasta, în termos s-au luat toate măsurile pentru micșorarea radiației. Peretele lui interior este alb, adică radiază puțin, în timp ce catozii sînt închiși la culoare, iar anozii se înnegresc special pentru mărirea radiației. Partea interioară a peretelui exterior al balonului termosului este acoperită cu un strat de oglindă, care reflectă radiațiile produse de conținutul termosului înspre interior. De aceea, peretele exterior al termosului nu se încălzește aproape de loc și termosul păstrează căldura un timp îndelungat.

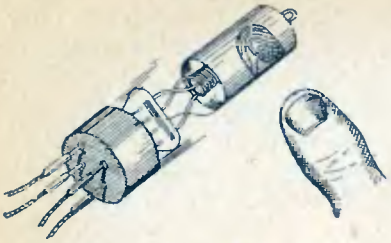
Luminiscenţa albastră a electrozilor

Dacă se scoate capacul din spate al receptorului în funcţiune se poate vedea adesea un spectacol frumos şi anume anodul, iar uneori şi balonul tubului luminează cu lumină albastră. Caracterul acestei lumini aminteşte de lumina roşie a electrozilor tuburilor cu neon. La tuburile cu neon electrozii par acoperiţi de un „strat" de lumină roşie cu grosimea de 1 ··· 2 mm. Un „strat" luminos asemănător se formează şi la electrozii tuburilor finale ale receptoarelor de radio, însă el pare ceva mai subţire, adesea fiind întrerupt, formînd pete de diferite mărimi şi forme şi este pigmentat într-o culoare albastră foarte frumoasă.

„Stratul" luminos este nestabil. El pulsează în ritm cu sunetele programului recepţionat.

Printre radioamatori şi radioauditori este larg răspîndită convingerea că această luminozitate este condiţionată de existenţa gazului în balonul tubului. De aceea existenţa luminozităţii este un indiciu al tubului defect.

În realitate o asemenea luminozitate nu se explică însă prin prezenţa resturilor de gaz, ci prin fluorescenţă, adică acelaşi fenomen fizic care provoacă luminozitatea ecranului tuburilor catodice, a ochiului magic etc. Este identică şi cauza apariţiei fluorescenţei şi anume bombardamentul datorat fluxului de electroni. Electronii lovindu-se puternic de moleculele substanţei fluorescente le aduc în stare **„excitată"**, care se explică prin faptul că unul dintre electronii atomului sare de pe o orbită pe alta,



care are un nivel de energie mai ridicat. Revenind pe orbita lui, electronul degajează prisosul de energie prin radierea unui foton sau a unei cuante de lumină — o „particulă" extrem de mică de lumină.

Care este în cazul de față luminoforul — substanța luminoasă? Ca luminofor servesc diferite substanțe străine accidentale, care acoperă suprafața metalică a electrozilor. Dintre ele fac parte vaporii produși de stratul de oxizi ai catodului și care se depun pe electrozi, cum și substantele care au trecut pe electrozi de pe degetele muncitorilor care au executat asamblarea tubului. În limbajul specialiștilor din tehnica vidului, toate aceste substanțe se reunesc sub denumirea comună de „murdărie". Această „murdărie" constituie tocmai luminoforul accidental, care duce la apariția luminozității pe electrozii tubului.

De unde se iau însă electronii care „excită" luminoforul? Prin ce se explică faptul că luminează nu numai suprafața interioară a anodului, ci adesea și suprafața lui exterioară, iar uneori și partea interioară a balonului?

Partea interioară a anodului tuburilor luminează sub acțiunea directă a curentului anodic. Trebuie să se ia însă în considerare că nu toți electronii emiși din catod, ajung pînă la anod. O parte dintre ei trec pe lîngă el, se lovesc cu putere de sticla balonului și smulg din ea electronii secundari (așa-numitul efect dinatron). Acești electroni sînt atrași de anod, se lovesc de suprafața lui exterioară și fac să lumineze luminoforul accidental care-l acoperă. Lovindu-se de sticlă, electronii fac ca și aceasta să lumineze. Fluxul de electroni pulsează în conformitate cu variațiile potențialului de pe grila de comandă și a tensiunii de pe anod care, la rîndul lor, se produc potrivit cu modulația emisiunii recepționate. Această pulsație reprezintă fizic variația vitezei și numărului de electroni care for-

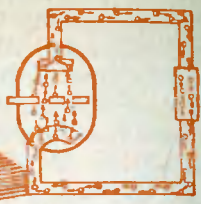
mează curentul anodic. Natural că împreună cu aceasta variază şi luminozitatea, a cărei strălucire este direct proporţională cu numărul şi viteza electronilor ce bombardează luminoforul.

Se poate explica cu uşurinţă şi faptul că luminozitatea electrozilor se observă mai ales la tuburile finale. Aceste tuburi au un catod de mare putere, o tensiune anodică ridicată şi un curent anodic mare. Electrozii tuburilor finale sînt situaţi mai departe de catod decît la tuburile receptoare-amplificatoare, care au dimensiuni mici, ceea ce creează condiţii mai favorabile pentru scăparea electronilor de lîngă anod. Afară de aceasta, tocmai tuburile finale au de obicei baloane de sticlă, prin care se observă bine fluorescenţa.

Astfel, cu toate că fluorescenţa electrozilor tuburilor nu poate fi considerată un fenomen normal, întrucît ea se explică prin murdărirea electrozilor şi balonului cu substanţe străine, ea nu poate fi totuşi considerată un neajuns important, care să înrăutăţească funcţionarea tubului şi să prezică stricarea lui grabnică.

Aceasta nu înseamnă însă că în tuburi nu poate să existe gaz. Tuburile *„gazate"* se întîlnesc într-adevăr uneori. În ele nu se iluminează însă suprafaţa electrozilor sau unele părţi din balon, ci tot spaţiul interior al tubului. Asemenea tuburi dau o recepţie puternic distorsionată şi de obicei ies din funcţiune foarte repede.

Unde dispar electronii?



Electronii care străbat conductorul şi, prin mişcarea lor, formează curentul electric, au (v. capitolul „Viteza de deplasare a electronilor") o viteză medie foarte mică. La tensiuni care se folosesc în aparatajul radiotehnic, viteza de deplasare a electronilor se evaluează la milimetri pe secundă. O viteză atît de mică se explică prin piedicile pe care electronii le întîlnesc, natural, în cursul deplasării lor în grosimea conductorului umplut cu nenumărate molecule.

În schimb, în vidul tubului electronic — în spaţiul dintre catodul şi anodul lui — electronilor li se deschide cale liberă. În tuburile de radio moderne, rarefierea atinge un asemenea grad încît parcursul liber (parcursul fără a întîlni moleculele de gaz) este de cîţiva kilometri (v. capitolul „Ce este vidul"?). Doar foarte puţini electroni se întîlnesc aici cu moleculele de gaz; marea lor majoritatea ajunge fără nici o piedică la anodul tubului (de exemplu, dacă lungimea parcursului liber este de 5 km şi distanţa de la catod la anodul tubului de radio este de 5 mm, un singur electron dintr-un milion poate să se întîlnească cu molecula de gaz). De aceea, viteza de deplasare a electronilor în spaţiul dintre electrozii tubului este determinată doar de viteza iniţială de ieşire din catod şi de acţiunea acceleratoare a tensiunii anodice şi a tensiunilor de pe grile. În realitate, electronii se mişcă în spaţiul dintre electrozi al

tuburilor noastre receptoare-amplificatoare cu o viteză de aproximativ 5 000···10 000 km pe oră.

La compararea vitezei de deplasare a electronilor în conductoare cu viteza în spaţiul dintre electrozii tubului, apare natural întrebarea: unde dispar electronii care au străbătut cu o viteză enormă spaţiul dintre anod şi catod. Doar electronii care au ajuns la anod îşi reduc imediat viteza. Ei încep să se deplaseze lent, însă, pe anod, tot cu aceeaşi viteză enormă, sosesc mereu alţi nori de electroni. Ca rezultat, electronii ar trebui să se acumuleze pe suprafaţa anodului, dat fiind că viteza lor de deplasare în metal este mică şi ei nu vor avea timp să se scurgă de pe el.

Se naşte şi o altă întrebare: de unde se iau electronii care formează curentul anodic al tubului? Afluxul lent de electroni spre anod nu va reuşi să completeze fluxul de electroni proiectaţi prin vidul tubului electronic.

Cum se rezolvă această „ghicitoare" a curentului anodic al tubului electronic?

Natural că, consideraţiile expuse nu au fost adevărate. Să ne amintim ce anume determină valoarea curentului. Ea este determinată de numărul de electroni care străbat într-o secundă prin secţiunea transversală a conductorului. În orice punct al circuitului tubului electronic (în orice punct al conductoarelor de conexiune, în catod, în anod, în sursele de alimentare şi în spaţiul catod-anod), prin secţiunea transversală respectivă se scurge acelaşi număr de electroni, valoarea curentului este identică în orice punct al circuitului.

În ce a constat eroarea raţionamentelor noastre? Am ajuns la concluzia greşită, conchizînd, că cu cît este mai mare viteza electronilor, cu atît este mai mare numărul de electroni ce străbat într-o secundă prin secţiunea transversală a conductorului. Această concluzie a fost greşită. Să explicăm aceasta pe baza unui exemplu.

Să presupunem că pe drum trece o coloană de oameni mergînd cîte zece în rînd. Pentru ca rîndurile să nu se deranjeze reciproc, între ele se respectă un interval de un metru. Observatorul care stă la marginea drumului

vede că prin secțiunea lui transversală trec într-o secundă zece oameni, adică un rînd.

Întrucît în timp de o secundă prin secțiunea transversală a drumului trebuie să treacă un rînd, iar rîndurile sînt distanțate cu un metru între ele, evident că rîndurile se mișcă cu viteza de un metru pe secundă, deci 3 600 metri pe oră sau 3,6 km pe oră.

În calea coloanei există o punte îngustă, pe care poate să treacă doar un singur om. Este clar că rîndul ajungînd la punte va trebui să se oprească și să înceapă traversarea în monom. Tot așa de evident este și faptul că pentru a nu se crea înghesuială lîngă punte și oamenii care au traversat-o să aibă timp să se alinieze din nou și să continue drumul în ritmul precedent, aceștia vor trebui să fugă pe punte. Pentru simplitate vom considera că toată regruparea se realizează instantaneu și că oamenii care fug respectă intervalul precedent de un metru. În acest caz, întregul rînd care s-a întins în lanț va trebui să traverseze puntea într-o secundă, iar fiecare membru al acestui lanț va avea pentru traversare la dispoziție doar 0,1 secunde. Dacă lungimea punții este de un metru, înseamnă că pentru a o traversa în 0,1

secunde, alergătorul va trebui să aibă viteza de 36 km pe oră.

Ca rezultat, nu se va schimba nimic pe drumul nostru. Prin secţiunea transversală a drumului, în orice loc, chiar şi pe punte, vor trece zece oameni pe secundă. Viteza însă nu va fi identică. Pe drum ea va fi de 3,6 km pe oră, iar pe punte de 36 km pe oră.

Aceeaşi situaţie este şi în tubul electronic. În orice loc, în circuitul anodic al tubului, în acelaşi interval de timp trece un număr identic de electroni. „Desimea" lor nu este însă identică. În conductoare ei se deplasează lent într-o „masă compactă". În spaţiul dintre electrozii tubului „formaţia" lor devine mai rară. De aceea, pentru a compensa pierderea produsă datorită răririi rîndurilor lor, electronii sînt nevoiţi să se deplaseze mai rapid.

Cîte denumiri a avut TUBUL ELECTRONIC

Orice aparat tehnic nou cînd apare pe lume capătă o denumire. Adesea această denumire este dată de constructor sau de inventator. Prima denumire poate să se păstreze pentru totdeauna, dar sînt destule cazuri cînd ea nu se dovedește prea reușită și este înlocuită ulterior de o altă denumire, care caracterizează mai precis aparatul.

Înlocuirea denumirilor se produce deosebit de frecvent cînd denumirea inițială s-a dat pe baza unei asemănări accidentale a aparatului cu un alt aparat oarecare, contemporan cu acesta.

Nici tubul electronic nu a scăpat de această schimbare a denumirilor. Spre diferență însă de multe alte aparate, el a schimbat multe denumiri și se poate spune că și acum este denumit în diverse feluri.

Primele tuburi au purtat denumirea de *„relee cu vid"*. Concomitent cu ele au căpătat o anumită extindere denumirile de *„releu catodic"*, *„releu electronic"* și *„supapă electronică"*. A avut circulație de asemenea și denumirea de *„tub catodic"*. La sfîrșitul celui de-al doilea deceniu a început să se folosească termenul de *„lampă"* în diferite variații: *„lampă cu vid"*, *lampă catodică"*, *„lampă electronică"*, *„lampă amplificatoare"*, *„lampă de radio"*.

O asemenea amestecătură de denumiri se explică în mare parte prin munca traducătorilor care traduceau

denumirile tuburilor din diferite limbi străine și nu făceau legătura cu denumirile deja răspîndite.
Dintre toate denumirile cea mai corectă și s-ar părea înrădăcinată în mod definitiv, este denumirea de *„tub electronic"*, cu toate că alături de ea se întîlnește și cea de *„lampă de radio"*.
Denumirile de *„releu"* și *„supapă"* nu se folosesc acum de loc.

Din ce tip face parte tubul 2П1П folosit în etajele finale? Ar părea că se poate găsi cu uşurinţă răspuns la această întrebare în orice catalog de tuburi. Este inutil însă să căutăm în cataloage; în unele cataloage acest tub se numeşte tetroda cu fascicul dirijat, în altele — pentodă. În montaje el este de asemenea reprezentat ba cu trei grile, ba cu două grile şi doi electrozi de focalizare, ca la tetrodele cu fascicul dirijat. Ce reprezintă în realitate acest tub — o pentodă sau o tetrodă cu fascicul dirijat?

Nici una şi nici alta. El poate fi considerat tetrodă, însă fără fascicul dirijat. El poate fi considerat şi pentodă, însă fără a treia grilă.

Ce este atunci acest tub curios?

După cum se ştie, particularitatea pentodelor este faptul că în aceste tuburi, electronii secundari smulşi din anod sînt forţaţi să revină înapoi. Ei sînt dirijaţi acolo de grila a treia, denumită supresoare, situată între grila-ecran şi anod, legată la catod şi, de aceea, avînd un potenţial negativ în raport cu anodul. Cîmpul creat de grila supresoare respinge electronii secundari spre anod chiar cînd potenţialul anodului este mult mai scăzut decît potenţialul grilei-ecran.

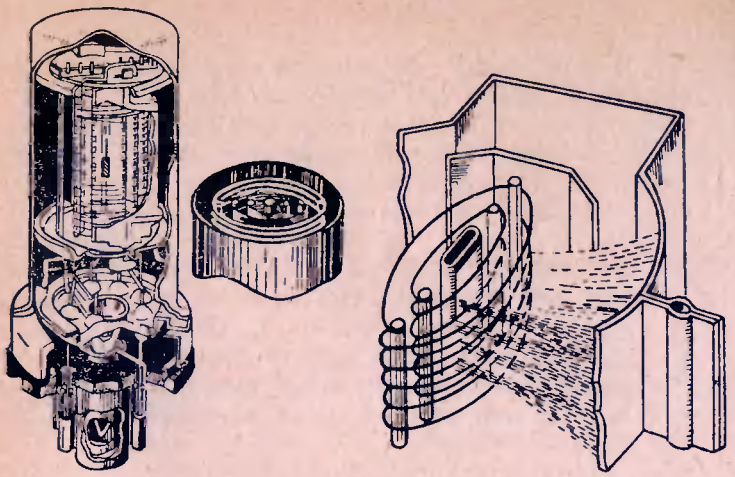
Acest efect se poate obţine însă şi fără grila a treia. Pentru aceasta este necesar să se creeze între anod şi grila-ecran o zonă care are un potenţial negativ în raport cu anodul, de exemplu, sub forma unui nor elec-

tronic. Aceasta se poate realiza perfect, din punct de vedere tehnic.

Electronii care zboară de la catod spre anod, depășind grila-ecran, nimeresc sub acțiunea a două forțe: pe de o parte ei sînt atraşi de anod, iar pe de altă parte îi atrage înapoi grila-ecran încărcată şi ea pozitiv. O parte din electroni, avînd o viteză convenabilă, vor fi frînaţi sub acţiunea acestor două forţe şi „se vor împotmoli" între grila-ecran şi anod. Tocmai din aceşti electroni se creează sarcina spaţială negativă între electrozii respectivi. Cu cît sînt mai mulţi electronii ce sosesc dinspre catod, cu atît va fi mai dens norul de electroni „împotmoliţi". După formarea acestui nor, electronii secundari smulşi din anod vor suferi acţiunea de repulsie a acestuia, care este capabil să înlocuiască în anumite condiţii grila supresoare.

Astfel se obţine „pentoda fără a treia grilă".

Crearea unei asemenea zone de protecţie este însă posibilă doar pentru anumite raporturi între dimensiunile electrozilor, iar distanţa între grila-ecran şi anodul unui asemenea tub trebuie să fie mult mai mare decît la pentode; astfel electronii nu vor reuşi să piardă din viteză. Cercetările au arătat că se obţin rezultate bune, dacă distanţa dintre anod şi grila-ecran este aproximativ de zece ori mai mare decît între această grilă şi catod. Acţiunea de protecţie a sarcinii spaţiale se ameliorează la creşterea densităţii fluxului electronic. Aceasta se poate obţine însă concentrînd toţi electronii radiaţi de catod în fascicule înguste. Principala particularitate a tuburilor cu fascicule dirijate, în care se realizează acest lucru, este o astfel de spiralizare a grilei-ecran în care pasul de spiralizare şi sensul spirelor să fie identice atît la ea cît şi la grila de comandă, iar spirele să fie situate una în dreptul celeilalte. Atunci spaţiile dintre spirele grilei de comandă, încărcată negativ, vor acţiona asemenea unor lentile convergente şi electronii se vor concentra în fascicule subţiri. Pentru mărirea densităţii fluxului electronic, el este limitat din părţi prin doi electrozi speciali — plăcuţe metalice legate la catod şi care nu permit împrăştierea electronilor.

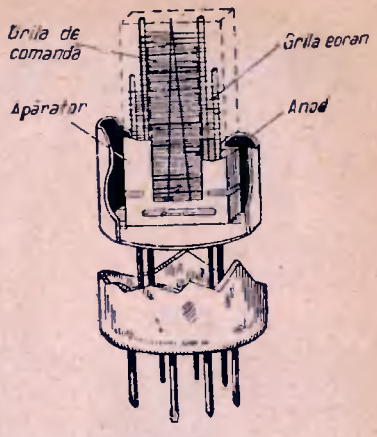


În cazul unei astfel de construcții se reduce mult curentul grilei-ecran, întrucît spirele grilei de comandă împiedică electronii să pătrundă pe spirele grilei-ecran care se găsesc în spatele acestora.

Acest principiu este pus la baza construcției bine cunoscutelor tetrode cu fascicul dirijat 6П6С, 6П3С, 2П9М, 30П1С. În tubul 2П1П, construcția electrozilor este diferită, nu există separarea fluxului electronic în fascicule separate, ceea ce se explică prin dificultatea confecționării și montării grilelor tuburilor atît de mici. De aceea tubul 2П1П nu poate fi denumit tetrodă cu fascicul dirijat.

Ce servește atunci în tubul 2П1П ca protecție împotriva apariției efectului dinatron? Funcțiile de protecție sînt îndeplinite de sarcina spațială dintre grila-ecran și anod. La crearea acestei sarcini ajută plăcuța metalică, care se află între grila-ecran și anod și este legată la filamentul de încălzire. Străbătînd prin spațiul decupat în această plăcuță, fluxul electronic devine mai dens, deoarece plăcuța ca atare nu atrage electroni și ei nu se împrăștie în lături, ci se concentrează într-un fascicul care se îndreaptă spre anod.

Astfel, tubul 2П1П nu are nici grilă supresoare, caracteristică pentru pentodă şi nici separarea curentului anodic în fasciculele izolate, caracteristică pentru tetrodele cu fascicul dirijat. Întrucît în construcţia tubului există unele elemente înrudite cu tetrodele cu fascicul dirijat, el este situat uneori, cu toate că nu prea exact, printre aceste tuburi. În realitate el este un tub de alt tip şi poate fi denumit pur şi simplu tetrodă finală.



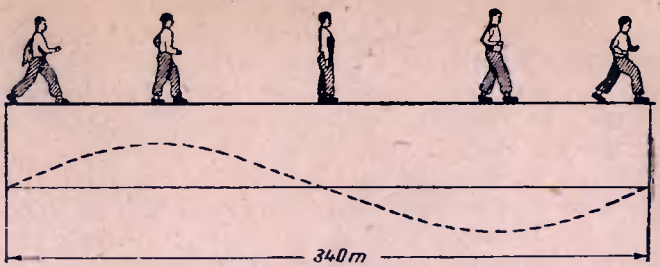
De ce sportivii NU ȚINEAU PASUL la defilare

La 1 mai 1953, centrul de televiziune din Moscova transmitea pentru prima oară de pe stadionul „Dinamo" parada cu ocazia începutului sezonului sportiv. Parada a fost deschisă prin defilarea unei coloane lungi de sportivi cu orchestra în față.

Camerele de televiziune videocaptoare au fost așezate sus pe tribune și, de aceea, locuitorii Moscovei au putut vedea pe ecranele televizoarelor lor simultan întreaga coloană. Atenția multora a fost atrasă de un fapt, și anume, sportivii mergeau în rînduri frumoase, aliniate, însă... nu țineau cadența. Primele rînduri țineau cadența clar și exact, dar cu cît mai departe cu atît ritmul era mai puțin respectat și la distanța de aproximativ 150 m de capul coloanei rîndurile de sportivi băteau pasul cu piciorul drept, în timp ce colegii lor din primele rînduri făceau pasul cu piciorul stîng.

Această diferență săritoare în ochi nu se explica, desigur, prin faptul că strălucitii sportivi sovietici nu știu să țină cadența. Cauza este... viteza relativ mică de propagare a sunetului în aer. Un calcul simplu ne va confirma aceasta.

Sportivii defilau cu viteza de aproximativ 5 km pe oră. Lungimea pasului este egală în medie cu 70 cm, prin urmare la 1 km, revin aproximativ 1 430 pași. Omul care merge cu viteza de 5 km pe oră străbate distanța de 1 km în 12 minute = 720 secunde, adică un pas se face în 720 : 1 430 ≈ 0,5 secunde.



Viteza de propagare a sunetului în aer la temperatura de aproximativ +15···+20°C este de 340 m pe secundă; prin urmare în 0,5 secunde, adică în timpul unui pas, sunetul străbate 170 m. Sunetele marşului, care determinau ritmul pasului vor ajunge la rîndul aflat la distanţă de 170 m de orchestră cu o întîrziere egală exact cu durata pasului. De aceea, acest rînd mergînd absolut exact după sunetele orchestrei care ajungeau la el, va face pasul cu piciorul drept în timp ce primul rînd face pasul cu piciorul stîng.

Rîndurile intermediare vor întîrzia cu mai puţin de un pas. De exemplu, un rînd mijlociu situat la 85 m de orchestră (de asemenea şi rîndurile situate la 255, 425 m etc.) vor întîrzia cu o jumătate de pas.

Dacă se observă o coloană lungă mergînd cu orchestra în faţă şi care ţine pasul exact în ritm cu orchestra, atunci după mişcările mîinilor şi picioarelor defilanţilor se poate „vedea" propagarea undei sonore.

Prin propagarea relativ lentă a sunetului în aer se explică şi faptul, de repetate ori menţionat în literatură, că dacă radioascultătorii, să zicem din Vladivostok, ar audia la radio concertul transmis de la teatrul din Moscova, ei l-ar auzi efectiv mai devreme decît spectatorii din teatru (desigur că noi nu luăm în considerare diferenţa geografică de timp). Într-adevăr, undele de radio străbat distanţa de 10 000 km care separă Moscova de Vladivostok în 0,03 secunde, iar sunetul va străbate în acest interval de timp doar aproximativ 10 m. Spectatorii care stau în sala de teatru la o distanţă faţă de scenă

mai mare decît 10 m (iar aceştia formează majoritatea în teatru), vor auzi sunetele produse pe scenă mai tîrziu decît radioauditorii din Vladivostok.

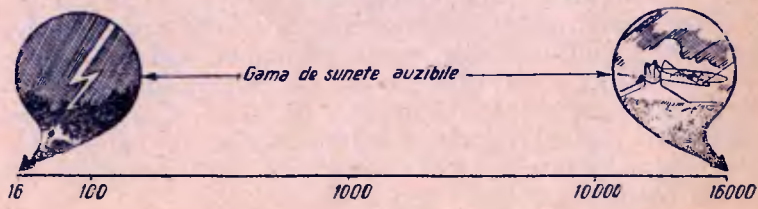
Viteza de propagare a sunetului în aer depinde de temperatură. La creşterea temperaturii cu 1°C, viteza aerului creşte cu aproximativ 0,6 m pe secundă.

Trebuie să se menţioneze că aşa-numitele unde de explozie care se formează la zguduiri foarte puternice ale aerului, se propagă mult mai repede, în unele cazuri chiar de zeci de ori mai repede decît sunetul. De aceea, procedeul răspîndit de determinare a distanţei pînă la fulger prin înmulţirea numărului de secunde care s-au scurs între sclipirea fulgerului şi zgomotul perceput al tunetului, cu viteza de propagare a sunetului nu este corect. Fulgerul nu dă naştere la o undă acustică obişnuită, ci la o undă de explozie, care se propagă mult mai repede decît unda acustică. Încetinindu-şi treptat viteza de propagare, unda de explozie se transformă după un timp oarecare în undă acustică. Dacă, după lovitura trăznetului auzim un sunet exploziv puternic, aceasta înseamnă că ne aflăm în zona undei de explozie. „Bubuiturile tunetului" tipice apar doar după transformarea undei de explozie în undă acustică.

Oscilaţiile electromagnetice folosite pentru emisiunile de radio, se pot caracteriza prin lungimea de undă sau frecvenţă. Probabil că pentru majoritatea radioamatorilor şi radioauditorilor, sînt mai obişnuite şi mai uşor de înţeles lungimile de undă în locul frecvenţelor. Lungimea undelor, de exemplu, de 1 200, 300, 42 m „este mai uşor de înţeles", decît frecvenţele corespunzătoare: 250 kiloherţi, 1 000 kiloherţi şi 7,145 megaherţi.

Noi însă ne-am obişnuit să definim oscilaţiile acustice numai cu ajutorul frecvenţei. Ce ne spune expresia „unda sonoră cu lungimea de doi metri"? Reprezintă aceasta un ton înalt, sau jos? Dintr-o dată este chiar greu să pricepem, dacă putem auzi sunetul cu această lungime de undă sau nu putem.

Oscilaţiile acustice, ca şi cele electromagnetice pot fi însă caracterizate atît prin frecvenţă, cît şi prin lungime de undă. Pentru a afla lungimea undei electromagnetice,



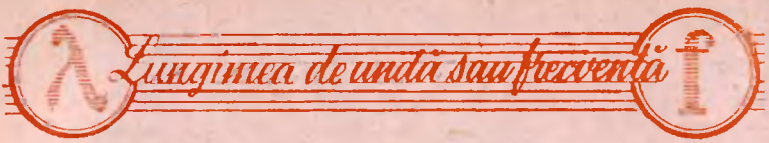
viteza de propagare a undelor de radio trebuie să se împartă la frecvență.
Exact la fel trebuie să se procedeze și pentru determinarea lungimii unei unde acustice.
Viteza de propagare a undelor acustice în aer la +15°C și presiunea atmosferică normală (1 013 milibar = 760 mm coloană de mercur) este de 340 m pe secundă. Prin urmare,

$$\text{lungimea de undă în metri} = \frac{340}{\text{frecvența în herți}}$$

Din această expresie se poate afla cu ușurință că unei unde cu lungimea de 2 m îi corespunde frecvența sunetului de 170 herți, deoarece 340 : 170 = 2. Prin urmare noi putem să auzim o undă cu lungimea de doi metri. 170 herți este un sunet destul de jos; acesta este aproximativ sunetul cel mai jos pe care poate să-l redea o voce de femeie.
Care sînt lungimile undelor acustice pe care le auzim? Banda de frecvențe a organelor auditive nu este identică la diferiți oameni, în special la limita ei superioară. Nu toți aud zumzetul țînțarului sau țipătul liliacului, țîrîitul cicadelor, cărora le corespund frecvențele de 12 000···16 000 herți. Unii pot să se delecteze cu liniștea deplină a unei grădini sudice, în timp ce altora li se va părea că această grădină este plină de țîrîitul cicadelor și zumzetul musculițelor. În medie se consideră însă că omul aude frecvențele de la 15···16 la 16 000 herți. Acestor frecvențe le corespund undele cu lungimea de la 21 m la 2,1 cm. Bubuiturile tunetului au lungimea de undă de aproximativ 21 m, iar bîzîitul țînțarului — de aproximativ 2 cm.
Vocea omenească este capabilă să reproducă unde acustice cu lungimea între aproximativ 4 m și 28 cm, considerînd frecvențele principale. Sunetele vocii noastre conțin însă și multe sunete înalte (armonici), care îi determină timbrul și datorită căruia noi putem să recunoaștem omul după voce. Lungimea de undă a armonicilor este mult mai scurtă decît a frecvențelor fundamentale. O imagine generală asupra spectrului vocii omenești se poate obține examinînd tabela de mai jos:

Voce	Sunetul cel mai jos		Sunetul cel mai înalt		Armonicile pînă la	
	frecvența (herți)	lungimea de undă (cm)	frecvența (herți)	lungimea de undă (cm)	frecvența (herți)	lungimea de undă (cm)
De bărbat . . .	80	425	500	68	8 000	4,2
De femeie . . .	170	200	1 200	28	10 000	3,4

Unul dintre cele mai bune receptoare de radio sovietice „Mir", redă fără o mare atenuare undele acustice de la 5,67 m, la 5,2 cm (60—6 500 herți).



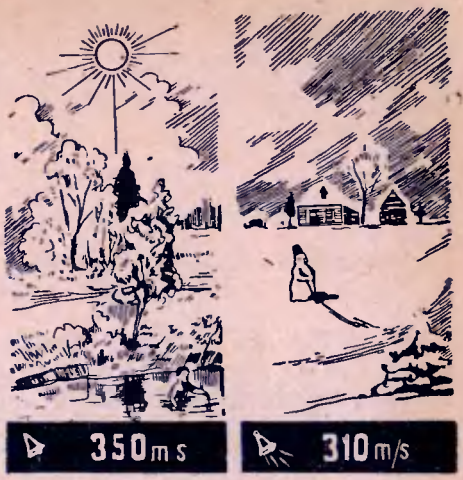
Ne-am obișnuit să caracterizăm undele acustice prin frecvență în locul lungimii lor. Aceasta se explică oare numai prin obișnuință, sau acceptăm aceasta în baza unor argumente mai convingătoare?

Lungimea undei acustice depinde de viteza de propagare a sunetului (v. capitolul precedent), iar această viteză este o mărime variabilă. Viteza sunetului în aer depinde de o serie de cauze: de temperatură, de presiunea atmosferică, de umiditate. Mai jos se dă o tabelă în care sînt trecute vitezele de propagare a undelor acustice în aerul uscat la presiune atmosferică normală, cum și lungimea undei acustice corespunzătoare acestor viteze. Din această tabelă se vede că viteza sunetului și împreună cu ea și lungimea undei acustice depind destul de mult de temperatură. În intervalul de temperaturi ale aerului, care se observă în condițiile noastre de climă, viteza aerului variază cu aproximativ 15%. Întrucît asupra vitezei aerului influențează nu numai temperatura, ci și gradul de umiditate al aerului și valoarea presiunii atmosferice (viteza sunetului crește la mărirea umidității și presiunii), variațiile efectiv posibile ale lungimii undelor acustice vor fi și mai mari.

Din cele expuse se poate trage concluzia că, dacă noi am dori să caracterizăm sunetul prin lungimea sa de undă, ar trebui să facem o mențiune specială cu privire la temperatură, umiditate și alte condiții, fără care ar fi impo-

sibil de făcut legătura dintre lungimea de undă și un sunet oarecare.

În majoritatea corpurilor solide și lichide, sunetul se propagă mult mai repede decît în aer. Mai jos se dă viteza sunetului și lungimea undelor acustice pentru diferite medii. După cum reiese din tabelă, viteza undelor sonore este aproximativ de șase ori mai mică în cauciuc decît în aer, la temperaturile obișnuite, iar în oțel, sticlă și lemn ea este de aproximativ 15 ori mai mare.



Temperatura °C	Viteza de propagare a undelor acustice (metri pe secundă)	Lungimea undei acustice pentru frecvența de 1 000 herți (cm)
— 182	181,5	18,1
— 45	305,6	30,6
— 20	318	31,8
0	331	33,1
+ 15	340	34
+ 20	342,5	34,3
+ 100	387,3	38,7

Luînd cunoștință de tot ceea ce s-a spus despre lungimea și frecvența undelor acustice, se ridică desigur întrebarea: oare nu facem noi o greșeală atunci cînd definim oscilațiile electromagnetice prin lungime de undă în loc de frecvență?

Substanta	Viteza undei sonore (metri pe secundă)	Lungimea undei sonore pentru frecvenţa de 1 000 herţi
Apă	1 540	154
Oţel	5 200	520
Sticlă	5 300	530
Lemn (în lungul fibrelor), în medie	5 000	500
Plumb	1 230	123
Cauciuc	50	5

Vorbind riguros, este mai corect ca oscilaţiile electromagnetice să fie definite şi ele prin frecvenţă în loc de a folosi lungimea de undă. Pe noi ne salvează de erori doar faptul că viteza de propagare a oscilaţiilor electromagnetice în vid şi în aer este practic identică şi nu depinde de temperatură, presiune sau de alte cauze. Dar dacă am avea de-a face cu propagarea undelor electromagnetice în alt mediu, în care viteza lor diferă cu o mărime perceptibilă, ar fi incomodă folosirea lungimii de undă, întrucît nu ar mai corespunde cu frecvenţele cu care sîntem obişnuiţi.

Să dăm un exemplu. Viteza undelor de radio în vid este egală, după cum se ştie, cu 300 000 km pe secundă (mai exact după ultimele date, 299 776 km pe secundă), iar în apă este de nouă ori mai mică. Unei frecvenţe de 1 000 kiloherţi în vid şi în aer îi corespunde o lungime de undă de 300 m, iar în apă — de 33 m, după cum se vede, o diferenţă apreciabilă.

Foarte puține ființe vii dintre cele care populează planeta noastră pot să se laude că sînt menționate în literatura radiotehnică. Dintre ele face parte, de exemplu, prototipul viu al unui post de radio locație, țînțarul.

Prin ce este renumit țînțarul?

Țînțarii au căpătat faimă prin bîzîitul lor. Bîzîitul țînțarului este situat, în ce privește înălțimea sunetului și intensitatea lui, la limita frecvențelor și nivelelor sunetelor percepute de urechea omenească. De aceea bîzîitul țînțarului constituie adesea începutul sau sfîrșitul tabelei acustice și se folosește pentru comparații și exemple acustice de popularizare.

Prin ce cifră se caracterizează bîzîitul țînțarului?

Sunetul pe care noi îl denumim bîzîit de țînțari, este produs de aripile țînțarului în zbor. Frecvența lui variază între limitele de aproximativ 12 · · · 16 kiloherți. Aceste frecvențe sînt frecvențe limită pentru urechea omenească. Nu le aud toți. În anii copilăriei, omul aude frecvențe mai înalte decît la vîrsta maturității; de aceea, chiar în instalațiile acustice de cea mai bună calitate nu se tinde să se redea audiofrecvențe mai mari decît 12···15 kiloherți.

Puterea bîzîitului de țînțari este de aproximativ $5 \cdot 10^{-4}$ ergi. Întrucît un erg $= 10^{-7}$ wați, puterea acustică radiată de țînțari este :

$$5 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-7} = 10^{-11} \text{ wați.}$$

Această putere este de 20 de miliarde ori mai mică decît puterea necesară pentru a aprinde beculeţul de la lanterna de buzunar.

Urechea noastră nu percepe însă întreaga energie acustică radiată de ţînţar, ci doar o parte neînsemnată din aceasta. Experienţele arată că omul cu auz bun aude bîzîitul ţînţarului de la o distanţă de doi metri. Puterea acustică produsă de ţînţar se repartizează în acest caz pe o sferă cu raza de doi metri, a cărei suprafaţă este egală cu aproximativ $5 \cdot 10^5$ cm^2. Puterea bîzîitului de ţînţar, care revine pe 1 cm^2 din suprafaţa acestei sfere (1 cm^2 este suprafaţa pavilioanelor de intrare ale urechilor), este doar $25 \cdot 10^{-16}$ waţi.

Acesta este pragul de audibilitate la aceste frecvenţe.

Este interesant de menţionat că masa de aer care se pune în acest caz în mişcare oscilatorie este aproximativ egală cu 44 kg.

Liliacul este renumit în literatura științifică de popularizare pentru proprietățile lui de locație. S-a stabilit că proprietatea lui neobișnuită de a zbura cu mare siguranță în întunericul complet, se explică prin utilizarea metodelor de locație: liliacul emite ultrasunete și captează reflexele lor de la diferite obstacole. După timpul care s-a scurs între emiterea sunetului și revenirea lui el judecă asupra distanței pînă la obstacol, iar cu ajutorul acțiunii directive a urechilor determină direcția înspre obstacol. În această proprietate a liliecilor se poate găsi o analogie interesantă cu una dintre recentele cuceriri ale tehnicii și anume, cu radiolocația. Această analogie este completă în cazul comparării liliacului cu locatorul ultraacustic maritim.

Care sînt atunci caracteristicile „de locație" ale liliacului? Liliacul folosește pentru locație ultrasunetele cu frecvența de aproximativ 50 kiloherți, ceea ce corespunde cu lungimea de undă (în aer) de aproximativ 7 mm. Astfel, folosind terminologia radiotehnică, se poate spune că postul de locație al liliacului funcționează în bandă milimetrică.

În radiotehnică semnalele emise de posturile de locație poartă denumirea de impulsuri de sondare. Frecvența emiterii de către lilieci a *„impulsurilor de sondare"* nu este uniformă. Liliacul nemișcat emite aproximativ zece „impulsuri" ultraacustice pe secundă. În timpul zborului crește frecvența impulsurilor, care depinde de distanța

pînă la obstacol. În zbor liliacul emite în medie în fiecare secundă aproximativ 30 de „impulsuri", însă, descoperind în calea lui un obstacol, frecvența impulsurilor este accelerată. La distanța de aproximativ un metru de obstacol, el emite aproximativ 60 impulsuri pe secundă.

Durata fiecărui impuls este de aproximativ o milisecundă, iar intervalele dintre impulsuri sînt în medie de 30 milisecunde. Durata intervalelor variază în funcție de frecvența impulsurilor.

Viteza sunetului în aer este de aproximativ 340 m pe secundă, adică sunetul străbate distanța de un metru în trei milisecunde. Dacă distanța pînă la obstacol este de 0,5 m, impulsul reflectat va reveni după trei milisecunde. Prin urmare, liliacul posedă capacitatea de a aprecia perioada de timp de 2 ··· 3 milisecunde.

Oscilațiile ultraacustice se amortizează în aer destul de repede; datorită acestui fapt, liliacul are posibilitatea să descopere obstacolele de la distanțe ce nu depășesc 20 ··· 25 m.

Încercările au arătat că liliecii percep ultrasunetele cu frecvența sub 70 kiloherți.

Este interesant că la unele insecte nocturne, care servesc drept hrană pentru lilieci, s-a evidențiat sensibilitatea față de iradierea cu ultrasunete, care le ajută să scape de atac. Fiind iradiată cu ultrasunete, această insectă se pune imediat pe fugă. În acest caz se poate găsi o analogie cu acel echipament radiotehnic al avioanelor, navelor etc., care permite să se detecteze iradierea cu semnale de radiolocație.

Liliacul nu este singurul locator viu. Se cunosc și alte ființe vii care emit impulsuri acustice și captează ecoul lor. Dintre ele fac parte, de exemplu, un peștișor din valea Nilului și pasărea sudamericană quaciaro.

DE CE ne înțelegem RECIPROC

Această întrebare nu are nimic comun cu limba. Este perfect evident că noi putem să înțelegem numai ceea ce s-a spus într-o limbă pe care o cunoaștem. Dar pentru a înțelege cuvîntul rostit în orice limbă, trebuie să percepem sunetele care îl formează. Dacă cineva a rostit cuvîntul „cască", cel care ascultă trebuie să distingă perfect clar că primul sunet din acest cuvînt este „c", după el urmează „a" etc. Dacă în loc de „c" vom auzi „m" cuvîntul capătă un sens cu totul diferit: în loc de „cască" se va obține „mască".

De aici reiese o concluzie indiscutabilă: pentru a ne înțelege reciproc trebuie să distingem sunetele prin care se formează cuvintele. Noi trebuie să facem distincție fără nici o greșală între sunetul „a" și sunetul „o" sau „i" etc. În ce fel obținem aceasta? Doar vocile omenești sînt așa de diferite ca timbru și ton. Unul va bubui sunetul „a" cu un bas șaleapinian profund, iar vocea de copil îl va pițigăia cu un discant subțire, dar atît în bubuiturile basului cît și în vocea subțire de copil vom distinge același sunet „a". Noi diferențiem sunetele independent de felul cum au fost rostite ele — tare sau în șoaptă, le recunoaștem și în strigăt și în cînt.

Mecanismul acestei percepere este foarte interesant. Se dovedește că în fiecare vocală există cel puțin două tonuri, două formante, cum se mai numesc, care tocmai o determină. Aceste formante trebuie să fie prezente în

mod obligatoriu în sunet, altfel, noi nu vom putea să-l distingem.

Ce anume asigură în sunetul rostit existenţa formantelor necesare? Aceasta se asigură printr-o anumită potrivire a cavităţii bucale. Cu ajutorul limbii, obrajilor şi a poziţiei corespunzătoare a fălcilor, noi formăm în cavitatea bucală două volumuri rezonante, care accentuează formantele necesare. Înălţimea sunetului — tonul lui depinde de dimensiunile glotei. Variind această dimensiune vom putea să rostim sunetul cu un ton înalt sau jos, însă formantele necesare rămîn în acest timp neschimbate.

Încercaţi, de exemplu, să deschideţi gura, să apăsaţi vîrful limbii pe dinţii inferiori şi să rostiţi sunetul „a". Veţi face aceasta foarte uşor. Dar să încercaţi acum fără a schimba forma gurii şi poziţia limbii, să rostiţi un alt sunet, de exemplu „i", „o", „u" sau un alt sunet oarecare. Din această încercare nu va ieşi nimic. În cel mai bun caz veţi reuşi să scoateţi un mormăit nedeterminat care nu se aseamănă cu nici o literă, însă chiar şi scoaterea unui asemenea sunet va fi dificilă din punct de vedere fizic. Aceeaşi experienţă se poate face cu orice alt sunet. „Acordaţi" gura pentru sunetul „i" şi încercaţi, fără a modifica această acordare, să rostiţi sunetul „a" sau oricare altul. Cu siguranţă că din această încercare nu va ieşi nimic.

La noi s-a elaborat deprinderea automată de a acorda gura în modul necesar şi noi nu observăm aceasta.

Aparatajul de radio trebuie să transmită fără distorsiuni formantele necesare ale sunetelor pînă la urechea noastră. Deformarea lor duce la pierderea inteligibilităţii.

Trebuie să se menţioneze că perceperea de către noi a formantelor sunetelor se înrăutăţeşte la creşterea tăriei în raport cu nivelul normal obişnuit. De aceea, inteligibilitatea emisiunii radiofonice puternice este mai mică

decît inteligibilitatea emisiunii a cărei tărie se apropie de cea normală. Prin acest fapt se explică o inteligibilitate mai mică a transmisiunilor difuzoarelor puternice de stradă în comparaţie cu funcţionarea receptorului de cameră. De aceasta este bine să-şi amintească cît mai des şi amatorii de funcţionare „asurzitoare" a receptoarelor. Aceasta este adevărat nu numai în privinţa difuzoarelor. Cînd omul strigă, pentru noi este mai greu să-l înţelegem decît atunci cînd el vorbeşte cu tărie normală.

SALUT Sedor Femenovici

— Sedor Femenovici, fpuneţi vă plac oare sructe guftoafe?

În această frază nu există erori de tipar. Ea a fost scrisă astfel în mod intenţionat. Nu este aşa că pare caraghioasă? Încercaţi însă să o transmiteţi prin telefon şi interlocutorul vostru va fi sigur că a auzit: „Fedor Semenovici spuneţi vă plac oare fructe gustoase?“

Această incapacitate distractivă de a observa deformaţii intenţionate se produce datorită particularităţilor vorbirii şi auzului nostru. Majoritatea consonantelor cuprind multe frecvenţe acustice înalte care depăşesc 5 · · · 6 kiloherţi. Repartiţia diferită a acestor frecvenţe componente în spectru duce la faptul că noi facem distincţia între o consonantă şi alta. În domeniul însă al frecvenţelor joase componenţa unor consonante are foarte multe puncte comune.

Telefonul urban obişnuit lasă să treacă banda de frecvenţe de aproximativ 250 · · · 3 000 herţi; el nu redă frecvenţele mai înalte. De aceea, la o convorbire telefonică ajung la urechea noastră doar o parte din oscilaţiile acustice, necesare pentru a face distincţia între diferitele sunete. Noi distingem un şir de consonante numai după sensul cuvîntului transmis şi din obişnuinţă le percepem drept consonante care trebuie să existe în cuvîntul respectiv.

Asemănarea cea mai mare există între sunetele „s“ şi „f“. Sunetul „s“ conţine frecvenţele între 500 şi 8 000 herţi.

Prin aceasta se explică, între altele, de ce sunetul „s" se transmite prin radio mai slab decît toate celelalte sunete; frecvențe ridicate nu sînt redate numai de telefon, ci și de majoritatea receptoarelor de radio. Sunetul „f" necesită o bandă de frecvențe ceva mai mică.

De asemenea se disting greu literele „j" și „z". Conversînd prin telefon ele se pot muta reciproc și interlocutorul nu va observa acest fapt în majoritatea cazurilor, după cum el nu observă înlocuirea sunetului „s" prin sunetul „f" și reciproc.

Mai jos se dă o tabelă care caracterizează componența sunetului pentru diferite consonante.

Sunetul	Numărul de oscilații pe secundă		Sunetul	Numărul de oscilații pe secundă		Sunetul	Numărul de oscilații pe secundă	
	inferior	superior		inferior	superior		inferior	superior
b	91	2 900	k	1 250	3 900	s	500	8 000
v	100	3 400	l	228	1 932	t	900	4 000
g	90	3 400	m	271	2 579	ț	550	6 400
d	90	3 700	n	203	2 169	h	2 000	4 000
j	80	5 200	p	950	3 600	c	500	4 800
z	90	7 000	r	20	4 846	ș	450	4 600

La vocale, frecvenţele superioare caracteristice pentru un sunet sau altul, se limitează la 2 500 · · · 3 000 herţi. Toate frecvenţele mai înalte din componenţa acestor sunete nu mai caracterizează sunetul, ci timbrul lui. Tăind audiofrecvenţele superioare, în sunetul „a" sau „o", rostit de o voce femenină înaltă, noi totuşi vom auzi acelaşi sunet „a" sau „o" şi îl vom auzi perfect clar. Aici, de astă dată înlocuirea unui sunet cu altul, chiar în cazul benzii înguste de trecere a telefonului, este imposibilă.

Să luăm în mînă o carte poştală sau orice altă bucată de hîrtie subţire şi densă şi să trecem peste marginile ei cu dinţii pieptenului. Vom auzi un sunet cu o anumită frecvenţă. Dacă mişcarea mîinii care ţine pieptenul se accelerează, sunetul va deveni mai înalt. Încetinirea mişcării mîinii va fi însoţită de o coborîre a sunetului.

Încetinirea mişcării mîinii care ţine pieptenul se poate face însă numai pînă la o anumită limită. Cînd această limită va fi atinsă, vom înceta să mai distingem un sunet muzical. El parcă se descompune în pocnituri sau pîrîituri separate şi nu vom mai auzi un sunet de joasă frecvenţă, ci o serie de pocnituri.

Urechea noastră este constituită astfel, încît ea încetează să mai distingă sunetele, dacă intervalul dintre ele este mai mic decît $^1/_{15} \cdots {}^1/_{16}$ din secundă. Două sunete separate printr-un interval mai mic decît $^1/_{16}$ dintr-o secundă se confundă. Dacă intervalul dintre sunete va fi mai mare decît $^1/_{16}$ dintr-o secundă, sunetele se vor „desprinde" unul de altul.

În exemplul nostru cu pieptenul, sunetul muzical se descompune, în cazul încetinirii mişcării mîinii, în pocnituri separate pe care le auzim întrucît formează oscilaţii nearmonice. Dacă noi am fi executat experienţa folosind în locul unei cărţi poştale şi a pieptenului un corp capabil să oscileze armonic, de exemplu o coardă,

noi am înceta pur și simplu să auzim sunetul, cînd tonul ar fi coborît la 15···16 oscilații pe secundă.

Este interesant că același număr ($^1/_{16}$) determină un prag important de sensibilitate și la vedere. El caracterizează capacitatea de inerție a ochiului. Ochiul nostru păstrează o excitație în decurs de aproximativ $^1/_{16}$ dintr-o secundă. Dacă mișcarea vizibilă se descompune în salturi separate, însă intervalele dintre ele sînt mai mici decît $^1/_{16}$ dintr-o secundă, noi nu mai distingem aceste salturi, ci mișcarea ni se pare lină. Pe această particularitate a ochiului se bazează cinematografia. Dacă se transmit mai mult decît 15 · · · 16 cadre pe secundă, noi nu mai observăm „pulsația" imaginilor, obiectelor și oamenilor în mișcare pe ecran; mișcarea ni se pare lină și continuă. Dar dacă se transmit mai puțin decît 15 cadre pe secundă, omul de pe ecran nu se va mai deplasa lin; vom începe să distingem că mișcarea lui este formată din smucituri sau salturi separate.

Durata minimă a sunetului muzical

Am legat generatorul de ton de un bun difuzor dinamic şi ascultăm cum sună diferitele tonuri. Noi putem mări sau micşora durata tonurilor şi ele par că nu se schimbă din această cauză. Oare este aşa în realitate?

Nu, nu este aşa. În realitate există o anumită limită, peste care nu se poate reduce durata sunetului. Peste această limită vom înceta să mai auzim un sunet muzical, ci vom auzi un păcănit sau un zgomot.

Această limită nu este identică pentru diferite frecvenţe. Fiecărei frecvenţe auzibile îi corespunde un anumit număr de perioade, care trebuie să acţioneze asupra urechii noastre, pentru ca să auzim un ton de această frecvenţă. Dacă numărul de perioade este mai mic, nu vom mai percepe un sunet muzical, ci un sunet lipsit complet de tonalitate.

Pentru a distinge un ton la frecvenţe joase este necesar numărul cel mai mic de perioade. Pentru ca să auzim un ton cu frecvenţa de 50 herţi, trebuie ca asupra urechii să acţioneze patru perioade complete ale acestei frecvenţe sau, ceea ce în fond este acelaşi lucru, ca sunetul curentului de 50 perioade să acţioneze asupra urechii cel puţin timp de 80 milisecunde (durata unei perioade este de $^1/_{50}$ secunde, iar durata a patru perioade de $4 : 50 = 0{,}08$ s $= 80$ milisecunde). Durata minimă a sunetului este la frecvenţa de aproximativ 2 300 herţi (frecvenţa la care urechea are sensibilitatea maximă).

Noi distingem tonul acestei frecvenţe dacă el va dura doar 15 milisecunde. Acest interval de timp corespunde cu 34,5 oscilaţii. Mai jos se dă o tabelă în care sînt indicate frecvenţa, numărul minim de perioade necesar pentru a distinge această frecvenţă şi durata sunetului corespunzător cu acest număr de perioade.

Frecvenţa tonului (herţi)	Numărul de perioade necesar pentru a distinge acest ton	Durata acestui număr de perioade (milisecunde)
50	4	80
100	5	50
200	7	35
500	9	18
1 000	16	16
2 300	34,5	15
5 000	95	19
10 000	300	30

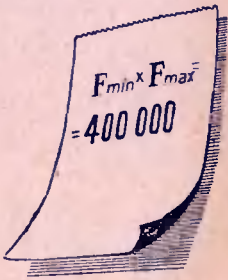
Din tabelă se vede că, cu cît este mai mare frecvenţa, cu atît trebuie să acţioneze mai multe perioade asupra urechii noastre, pentru a distinge tonul acestei frecvenţe.

Limitele benzii de TRECERE

Fiecare radioamator știe, că pentru îmbunătățirea calității redării sunetului, pentru apropierea lui de condițiile naturale, trebuie să se extindă banda de frecvențe, redate de receptor și difuzor. Nu toți știu însă că o extindere a benzii de trecere numai în domeniul frecvențelor înalte sau numai în domeniul frecvențelor joase, poate să fie nu numai inutilă ci, dimpotrivă, dăunătoare.

Experiența arată că urechea noastră pretinde păstrarea unui anumit echilibru între frecvențele joase și înalte, redate. Raportul dintre ele poate fi exprimat foarte simplu: produsul dintre frecvențele maximă și minimă ale benzii de trecere trebuie să fie aproximativ 400 000. Receptorul la care frecvența maximă redată este $F_{max.}$ = =5 000 herți, trebuie să aibă frecvența minimă $F_{min.}$ de aproximativ 80 herți (80 · 5 000 = 400 000).

Dacă la un astfel de receptor (cu frecvența superioară de 5 000 herți) se îmbunătățește redarea frecvențelor joase, lărgind banda de trecere, să zicem pînă la 60 herți, echilibrul necesar se va perturba și vor fi accentuate în mod neplăcut frecvențele joase. Dacă difuzorul redă bine frecvențele pînă la 8 000 herți, este obligatoriu să se extindă banda de frecvențe amplificate și redate,



pînă la 50 herţi, întrucît în caz contrar se va resimţi lipsa de başi.
Aceasta este una dintre regulile impuse de particularităţile auzului nostru.
GOST-ul stabileşte pentru receptoarele de radiodifuziune următoarele limite pentru caracteristica de frecvenţă:

Clasa receptorului	Banda de frecvenţe audio (herţi)		Produsul $F_{max} \times F_{min}$
1	60	6 500	390 000
2	100	4 000	400 000
3	150	3 500	525 000
4	200	3 000	600 000

După cum vedem, raportul necesar este asigurat la receptoarele din clasele 1 şi 2 şi este aproape asigurat la receptoarele din clasa a 3-a. La receptorul din clasa a 4-a, echilibrul este perturbat şi el are un sunet mai prost. Aceasta se explică prin lipsa frecvenţelor joase, ceea ce se produce mai ales datorită dimensiunilor reduse ale membranei difuzorului şi a cutiei receptorului.
La construirea aparatajului de redare a sunetului, radioamatorii trebuie să ţină seama de necesitatea unui asemenea „echilibru" între frecvenţele joase şi înalte. În caz contrar, aparatajul va avea sau prea multe frecvenţe înalte sau prea multe frecvenţe joase.

Banda DINAMICĂ

Stați într-un teatru. O scenă după alta trec prin fața ochilor voștri. Șoapta caldă a îndrăgostiților este înlocuită de cîntece răsunătoare, după vocile abea perceptibile ale cercetașilor urmează un „ura!" tunător al soldaților în atac și împușcături asurzitoare. Acum închipuiți-vă pentru moment, că cineva a nivelat toate sunetele spectacolului; șoapta s-a întărit pînă la nivelul conversației obișnuite, împușcăturile s-au transformat în pocnituri nu prea tari, iar ostașii-eroi mergeau la atac cu prudență strigînd cu jumătate voce „ura!". Nu este așa că imediat s-ar vesteji culorile spectacolului, el ni s-ar părea atît de cenușiu, searbăd și nenatural.

În limbajul acusticii, diferența între tăria sunetelor se numește banda dinamică. Faptul la care am fost martori imaginari la teatru, ar prezenta din punct de vedere al acusticii o perturbare a benzii dinamice naturale. Sunetele „vii" ale lumii care ne înconjoară au nivele de tărie foarte variate. Raportul între tăria maximă și minimă a sunetului se exprimă de obicei în decibeli. Banda dinamică a orchestrei se caracterizează prin „banda" volumului de 60 ··· 70 decibeli. Transformînd în tensiune electrică aceasta reprezintă o diferență de 1 000 ··· 3 000 ori.

Pentru a reda fără distorsiuni o asemenea bandă dinamică, la emițător trebuie să se asigure posibilitatea modulației între limitele de la 100% (forte-fortissimo) pînă

la 100 : 3 000 = 0,03% (piano — pianissimo). Doar o adîncime de modulaţie atît de mică cum este 0,03%, se află deja la nivelul zgomotului de fond propriu al emiţătorului; totodată, micşorarea nivelului zgomotului de fond chiar pînă la această valoare este legată de mari dificultăţi. Totuşi, reducerea fondului este unicul mijloc de extindere a benzii dinamice a emiţătorului, întrucît este imposibil să se mărească adîncimea de modulaţie peste 100%.

Dificultăţi şi mai mari apar la recepţie. Volumul sonor cel mai mare este determinat de puterea maximă nedistorsionată a receptorului, iar puterea minimă — de zgomotele lui proprii şi de zgomotul de fond. Conform standardului, la receptoarele din clasa 1, nivelul zgomotului de fond şi al celorlalte zgomote trebuie să fie cu cel puţin 46 decibeli sub puterea maximă de ieşire. Tocmai aceasta determină banda dinamică a receptoarelor. La receptoare ea este mult mai limitată decît la emiţătoare. Banda dinamică este şi mai mult „comprimată" de tot felul de perturbaţii deosebit de puternice în oraşe.

Astfel, problema transmiterii prin radio a benzii dinamice naturale nu este încă rezolvată, iar fără aceasta este imposibil să se obţină o redare naturală. Una dintre soluţiile preconizate în acest sens este trecerea radiodifuziunii în unde ultrascurte (cu modulaţie de frecvenţă). Posibilitatea modulaţiei profunde şi lipsa de perturbaţii permit să se transmită şi să se redea în unde ultrascurte o bandă de volum mai largă, decît pe unde lungi, medii sau scurte.

Această particularitate a emisiunilor cu modulație de frecvență se observă la funcționarea televizoarelor. Tocmai din această cauză televizoarele au un sunet bun chiar cînd în ele sînt instalate difuzoare care se folosesc în receptoarele de radio de cea mai slabă calitate.

Intensitatea sunetului în unități de PRESIUNE ATMOSFERICĂ

Intensitatea sunetului în acustică și radiotehnică este determinată de valoarea presiunii acustice și se exprimă în bari. Există oare ceva comun între presiunea acustică și presiunea atmosferică pentru măsurarea căreia se folosesc barometre?

Între presiunile acustică și atmosferică nu există în fond o diferență de principiu. Undele acustice sînt unde alternative cu presiune mărită și micșorată în raport cu presiunea atmosferică normală în locul respectiv și în timpul respectiv. Cînd printr-un punct oarecare al spațiului trece o undă acustică, presiunea lui atmosferică crește și se micșorează în raport cu valoarea medie, cu o anumită mărime pe care o denumim presiune acustică. Diferența între presiunea atmosferică și presiunea acustică constă în faptul că presiunea atmosferică este relativ constantă; variațiile ei sînt foarte lente. Variația presiunii atmosferice cu trei mm coloană de mercur pe oră este considerată de meteorologi ca fiind foarte bruscă, în timp ce frecvența de variație a presiunii acustice ajunge la multe mii pe secundă, iar variațiile cele mai lente ale presiunii acustice se produc de zeci de ori pe secundă.

De aceea, aparatele care servesc pentru măsurarea presiunii atmosferice sînt de neutilizat pentru măsurarea presiunilor acustice; ele sînt destinate să măsoare presiuni constante și nu pot să reacționeze la variațiile lor rapide. În cazul de față se poate face o analogie aproape

completă cu aparatele de măsurat de curent continuu şi alternativ.

Aparatul de curent continuu „nu reuşeşte" să urmărească variaţiile rapide ale sensului curentului şi acul indicator al acestui aparat, conectat în circuitul de curent alternativ poate doar să tremure, abătîndu-se puţin de la poziţia mijlocie.

Presiunea acustică se măsoară în bari. Presiunea de o atmosferă este egală cu 981 000 bari sau, în cifre rotunde, cu un milion bari. Astfel, un bar este egal cu o milionime din presiunea atmosferică[1]).

Din această comparare se poate vedea că variaţiile presiunii atmosferice ce se produc la propagarea undelor acustice sînt foarte mici. Presiunile acustice se cifrează la fracţiuni de bari sau zeci de bari, rar sute de bari, ceea ce corespunde cu variaţia presiunii atmosferice doar cu milionimi. Iată cîteva cifre:

pragul de audibilitate	0,0002	bari	$2 \cdot 10^{-10}$ atmosfere
şoapta la distanţa de 1 m	0,002	bari	$2 \cdot 10^{-9}$ atmosfere
conversaţia la distanţa de 1 m	0,2	bari	$2 \cdot 10^{-7}$ atmosfere
orchestra la distanţa de 10 m	0,2	bari	$2 \cdot 10^{-7}$ atmosfere
motor de avion la distanţa de 10 m	300,0	bari	0 • 0003 atmosfere
limita dureroasă	650,0	bari	0 • 0006 atmosfere

Conform standardului în vigoare în U.R.S.S., receptorul de radiodifuziune din clasa I trebuie să dezvolte la distanţa de 1 m o presiune acustică de cel puţin 20 bari, adică $2 \cdot 10^{-5}$ atmosfere, iar receptoarele cele mai economice din clasa IV alimentate la baterie, trebuie să dezvolte la distanţa de 1 m o presiune acustică de cel puţin 1,5 bari sau $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ atmosfere.

Variaţia rapidă a presiunii cu aproximativ 20 000 bari (0,02 atmosfere), poate duce la distrugerea timpanelor urechii.

---

[1]) Pentru măsurarea presiunii atmosferice în meteorologie se foloseşte o unitate care poartă şi ca denumirea de bar. 1 atmosferă = 1 bar = 1 000 milibar. Barul meteorologic este de un milion de ori mai mare decît barul acustic.

Unda acustică reprezintă mişcarea oscilatorie a particulelor de aer. Frecvenţa acestor oscilaţii determină frecvenţa (tonul) sunetului, iar de amplitudinea oscilaţiilor depinde volumul sunetului. Aceste amplitudini sînt extrem de mici.

Urechea are sensibilitatea cea mai mare la frecvenţa de 2 300 herţi. Pragul de audibilitate la această frecvenţă este de 10^{-10} microwaţi/centimetru pătrat, ceea ce corespunde cu o presiune acustică de $2 \cdot 10^{-4}$ bari. Deplasarea particulelor de aer în cazul unei intensităţi a sunetului la pragul de audibilitate, este egală doar cu 0,1 angströmi, adică este mai mică decît diametrul atomului (v. capitolul II).

Particulele de aer în oscilaţie îşi transmit energia timpanului urechii noastre, care începe să oscileze cu aproximativ aceleaşi amplitudini. Aceste amplitudini ultramicroscopice sînt însă suficiente pentru ca nervul acustic să capete o anumită excitaţie. ca rezultat al căreia se formează senzaţia de sunet.

Urechea noastră (ca şi ochiul nostru) sînt aparate excepţional de sensibile. Această sensibilitate ne permite să auzim sunete a căror putere este extrem de mică. Deplasarea particulelor de aer în cazul intensităţii care atinge limita dureroasă, este destul de mare; ea se ridică la cîţiva milimetri. La această amplitudine ajunge deplasarea particulelor de aer provocată, de exemplu, de un motor de aviaţie, care funcţionează la distanţa de cîţiva metri.

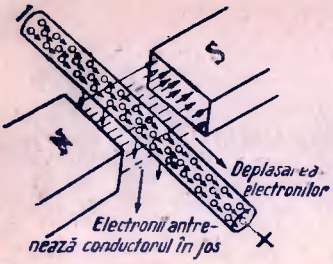
Cum funcționează difuzorul dinamic

Cum să se răspundă la această întrebare: întrucît membrana face să oscileze aerul, sau pentru că bobina mobilă a difuzorului face membrana să oscileze? Sau poate întrucît în difuzor intră curenți de audiofrecvență de la receptor?

Bobina mobilă este formată de un anumit număr de spire de sîrmă fixate de carcasa bobinei și care se află într-un flux magnetic puternic. Cînd spirele bobinei nu sînt parcurse de curentul electric, asupra ei nu acționează nici un fel de forță, care ar tinde s-o pună în mișcare. Între cîmpul magnetic și bobina mobilă nu există nici un fel de forță, care ar putea să o scoată din poziția de echilibru.

Dar iată că în spirele bobinei acustice apare curentul electric: electronii liberi aflați în metalul conductorului bobinei încep să se deplaseze în mod organizat într-un singur sens.

Între electronii în mișcare și cîmpul magnetic există o anumită interacțiune. Dacă electronul nu se mișcă exact în direcția cîmpului, asupra lui va acționa o forță care tinde să-și schimbe direcția mișcării. Direcția în care acționează această forță se poate determina ușor prin regula mîinii drepte: dacă mîna dreaptă este așezată în cîmpul magnetic, astfel încît palma să fie îndreptată spre polul nord, iar patru degete împreunate să arate direcția deplasării electronului, degetul mare îndepărtat va indica direcția forței.



Electronii începîndu-şi deplasarea în conductorul bobinei mobile a difuzorului, suferă imediat acţiunea cîmpului magnetic, care tinde să-i respingă din întrefier şi supunîndu-se acestuia îşi schimbă direcţia de mişcare. Dacă electronii ar fi într-adevăr complet liberi, ei ar scăpa din conductor şi s-ar proiecta în afara întrefierului difuzorului. S-ar începe un fel de „emisiune magnetică" a electronilor din conductorul străbătut de curent.

Libertatea electronilor în conductoare este însă relativă. Electronii se pot deplasa în metalul conductorului, însă ei întîmpină în acest timp o anumită rezistenţă din partea conductorului; electronii sînt nevoiţi să se strecoare între atomii de metal şi să se ciocnească cu ei. Dificultăţi deosebit de mari întîmpină electronii la suprafaţa conductorului. Mişcarea electronului care tinde să părăsească conductorul întîmpină în această zonă cea mai puternică opoziţie din partea altor electroni şi a ionilor de metal. Cînd electronul se află în spaţiile interioare ale conductorului, interacţiunea lui cu alte particule elementare se echilibrează, deoarece ele înconjoară electronul din toate părţile. În zona periferică, a cărei grosime este de aproximativ 10^{-7} mm, electronii suferă o foarte puternică acţiune de atracţie din partea ionilor pozitivi ai metalului şi care nu este echilibrată de nimic, ci dimpotrivă, accentuată prin acţiunea de respingere a stratului periferic de electroni din învelişurile atomice. Ambele aceste acţiuni tind să atragă electronul înapoi în conductor.

Astfel electronii care datorită interacţiunii cu cîmpul magnetic „doresc" să părăsească conductorul nu pot face acest lucru datorită acţiunii forţelor care există în stratul superficial de la suprafaţa conductorului.

Electronii nu pot însă să nu se supună acţiunii forţei de repulsie a cîmpului magnetic. Ei încep să se deplaseze

în direcţia acestei forţe şi nefiind în stare să se smulgă din conductor îl trag după sine.
De aceea, trebuie să se răspundă astfel la întrebarea pusă: difuzorul dinamic funcţionează întrucît electronii care formează curentul electric în bobina mobilă, reacţionînd cu cîmpul magnetic din întrefierul difuzorului, tind să scape în afara cîmpului. Forţele interioare care acţionează în conductor nu le permit însă să-l părăsească. Ca rezultat. electronii trag conductorul împreună cu ei. Conductorul, la rîndul lui, antrenează carcasa bobinei, de care este fixat, iar bobina antrenează membrana prinsă de ea.
Tot din aceeaşi cauză funcţionează toate motoarele electrice, echipajele mobile ale aparatelor de măsurat etc. Rotorul motorului unei locomotive electrice puternice, ca şi bobina mobilă a difuzorului, sînt puse în mişcare de electroni, care supunîndu-se cîmpului magnetic tind să se smulgă din conductor, dar nefiind în stare să facă aceasta, îl antrenează cu ei.
În încheiere trebuie să se facă o mică remarcă. Din tabloul descris aici se poate trage concluzia că electronii din conductor nu se mişcă în lipsa curentului. Aceasta desigur că nu este adevărat. În conductorul nestrăbătut de curent apare agitaţia termică a electronilor şi prin aceasta electronii reacţionează, şi cu cîmpul magnetic. În agitaţia termică a electronilor nu există însă nici un fel de direcţie preferată. Diferiţi electroni se mişcă în toate părţile şi reacţionînd cu cîmpul magnetic tind să antreneze conductorul şi să-l respingă în afara întrefierului în ambele sensuri: atît în spre membrană, cît şi în sens opus. Asemenea forţe se echilibrează reciproc şi de aceea conductorul rămîne nemişcat. Doar în cazul mişcării organizate a maselor mari de electroni într-un sens unic, cum este curentul electric, apar forţe care antrenează conductorul într-un anumit sens.

De ce depinde puterea DIFUZORULUI dinamic?

De ce depinde puterea difuzorului? Ce particularităţi constructive o determină?

Pentru a obţine răspunsul la aceste întrebări, pare că cel mai simplu ar fi să examinăm tabela cu datele difuzoarelor. Din compararea datelor referitoare la difuzoarele de diferite puteri, se va putea vedea imediat prin ce diferă acestea.

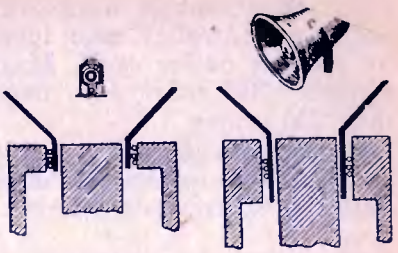
Cititorul poate să facă acest lucru. Studierea însă a tabelelor corespunzătoare îl va obliga să ajungă la concluzia curioasă că nu există nici un fel de diferenţă mai importantă în construcţia difuzoarelor de cele mai diferite puteri.

Iată, de exemplu, datele a două difuzoare dinamice: a difuzorului de radioficare ДГМ şi a difuzorului cu pîlnie de mare putere, pentru „stradă" Р-10:

Difuzoarele	ДГМ	Р-10
Diametrul membranei, mm	196	170
Diametrul bobinei mobile, mm	25,4	25,7
Numărul de spire al bobinei mobile . .	41	39
Diametrul conductorului bobinei mobile, mm	0,23	0,21
Inducţia magnetică în întrefier, gauss	5 000	4 800

După cum vedem, dimensiunile bobinelor mobile ale ambelor difuzoare sînt aproape identice; inducţia mag-

netică poate fi de asemenea considerată identică, diferența între dimensiunile membranelor este foarte mică, iar ca putere ele diferă de ··· 65 ori. Puterea difuzorului P-10 este 10 waţi, iar a difuzorului ДГМ — doar 0,15 waţi.



Ce se întîmplă atunci? Doar nu se poate ca difuzoarele cu o putere atît de diferită să nu aibă diferenţe constructive. Dacă bobina mobilă, inducţia în întrefier şi dimensiunile membranei la difuzorul cu puterea de 0,15 waţi sînt aceleaşi ca şi la difuzorul de 10 waţi, ce ne împiedică oare să-i furnizăm 10 waţi şi să-l facem să deservească o sală mare, sau chiar o piaţă?

Desigur, că ar fi inutil să obligăm difuzorul ДГМ să deservească un auditoriu în aer liber şi să acopere zgomotul străzii. El are diferenţe constructive faţă de confratele lui mai puternic P-10, însă aceste particularităţi nu sînt reflectate în tabelă.

Bobina mobilă a difuzorului P-10 poate efectua oscilaţii cu o amplitudine mult mai mare decît bobina ДГМ. Pentru ca la amplitudini mai mari să nu apară distorsiuni, trebuie să se asigure, în primul rînd, o construcţie corespunzătoare a membranei (posibilitatea deplasărilor mari, fără descentrare şi, în al doilea rînd, invariabilitatea cîmpului magnetic pe tot parcursul bobinei mobile). Trebuie ca bobina să nu iasă din cîmp în cursul oscilaţiilor mari. Această din urmă condiţie impune necesitatea măririi importante a adîncimii întrefierului inelar în care se deplasează bobina, adică a măririi grosimii flanşei superioare a sistemului magnetic.

Dar pentru a crea în întrefierul adînc acelaşi cîmp magnetic, aceeaşi inducţie magnetică, ca şi în întrefierul cu adîncime foarte mică al difuzorului de mică putere, este necesar un magnet mult mai puternic. De aceea, cu

toate că la ambele difuzoare examinate, inducția magnetică în întrefier este identică, greutatea magneților lor nu este de loc egală. Magnetul difuzorului P-10 cîntărește 1 350 grame, iar magnetul difuzorului ДГМ — doar 250 grame.

Greutatea magneților și adîncimea întrefierului nu este indicată însă în tabele, iar celelalte date nu permit de obicei să se constate puterea difuzoarelor dinamice.

Difuzorul joacă un rol hotărîtor în ceea ce privește calitatea sunetului unui receptor de radio. Este necesar ca el să redea bine toate frecvențele spectrului acustic, începînd cu cele mai joase și terminînd cu cele mai înalte.

Îndeplinirea acestei condiții cu ajutorul unui singur difuzor este însă imposibilă. Pentru redarea bună a frecvențelor audio joase, difuzorul trebuie să aibă o membrană mare și relativ moale, iar pentru redarea frecvențelor superioare din banda acustică este necesară o membrană mică și rigidă.

În instalațiile de calitate foarte bună, redarea unei benzi largi de frecvențe audio se asigură prin folosirea mai multor difuzoare (de la 2 pînă la 4), unul dintre ele fiind un difuzor special pentru frecvențe înalte. Astfel sînt instalațiile acustice pentru cinematograful sonor, constituite din două difuzoare, astfel sînt instalațiile de control cu bandă largă, de tip KA-342 cu trei difuzoare, cum și aparatul de radio cu pik-up „Riga" cu un agregat constituit din patru difuzoare.

Două difuzoare dinamice pentru frecvențe diferite se pot întîlni și în cele mai bune receptoare de radio. Astfel, a fost prevăzut cu două difuzoare — unul mare pentru frecvențele joase, și altul mic — pentru frecvențele mai înalte — receptorul de radio „Mir".

În ultimul timp au apărut însă receptoare cu două difuzoare de alt tip: ambele difuzoare la prima vedere sînt

complet identice, de aceea ele nu pot servi pentru redarea frecvenţelor diferite. Dintre aceste receptoare fac parte „Belarus-53“, „Okteabr“, „Zvezda-54“, „Dnepropetrovsk“, „Minsk“; televizoarele „Sever“, „Avangard“, „Luci“, „Temp-2“ etc.

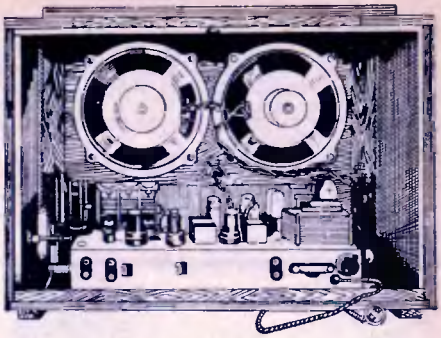
Ce se poate obţine de la două difuzoare identice? Oare numai o creştere a puterii?

Se dovedeşte că două difuzoare aproximativ identice, dacă sînt bine alese şi utilizate, asigură redarea uniformă a unei benzi de frecvenţe mai largă decît a fiecăruia dintre ele în parte şi, în special, redarea frecvenţelor mai joase, ceea ce este deosebit de important.

În ce constă alegerea difuzoarelor destinate să funcţioneze cuplate?

Fiecare difuzor are o frecvenţă de rezonanţă proprie. Şi cutia are o frecvenţă de rezonanţă proprie. Difuzoarele se aleg astfel, încît frecvenţele lor de rezonanţă să nu fie identice şi ca frecvenţa de rezonanţă a cutiei să fie situată între ele. De exemplu, difuzoarele de dimensiuni mijlocii (pentru receptoarele din clasa a II-a) nu redau de obicei frecvenţele de 80 herţi. Dar dacă se aleg două difuzoare cu frecvenţele de rezonanţă de 80 şi 100 herţi şi se introduc într-o cutie cu frecvenţa de rezonanţă de aproximativ 90 herţi, un asemenea sistem începe să redea frecvenţele de la aproximativ 60 herţi cu o uniformitate foarte bună în limitele întregii benzi. Funcţionarea unui asemenea sistem de difuzoare cu cutie adaptată, aminteşte întrucîtva de funcţionarea filtrului de bandă de înaltă frecvenţă care lasă să treacă

o bandă de frecvenţe mai largă decît poate să treacă fiecare dintre circuitele lui constitutive în parte.



Trebuie să se aibă în vedere însă, că asemenea rezultat se obţine numai cu condiţia alegerii frecvenţelor de rezonanţă a difuzoarelor şi cutiei. Dacă se aşază două difuzoare oarecare într-o cutie acustică necorespunzătoare, în loc de a obţine o ameliorare se poate obţine o înrăutăţire a calităţii sunetului.

De ce în cameră se aude mai tare decît în aer liber

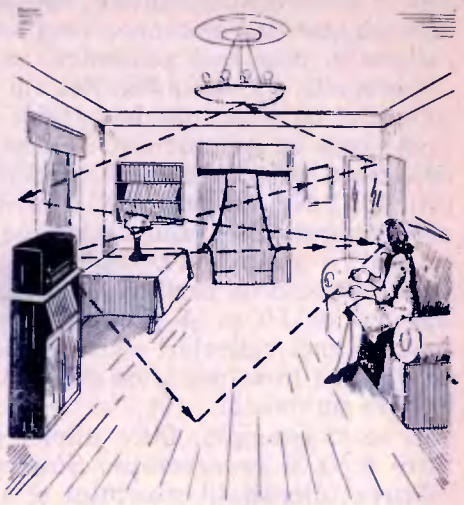
Aveţi un receptor de radio bun. El umple camera cu sunete curate şi plăcute, butonul de volum fiind abia la jumătate. Plecînd vara în vilegiatură, aţi hotărît să luaţi şi receptorul de radio — este greu să te desparţi de un bun prieten. Savuraţi ce bine va fi să ascultaţi o emisiune de radio în aer liber, printre flori şi verdeaţă. Dar ce s-a întîmplat cu receptorul de radio? A fost instalat pe o măsuţă în grădină, aţi întins o antenă suficient de înaltă, desigur mai bună decît antena de cameră din oraş, însă receptorul funcţionează foarte încet, chiar cînd butonul de volum este la maximum. Controlul tensiunii şi al tuburilor nu a dat nimic: tensiunea este normală, tuburile sînt bune. Mai mult decît atît, tot acolo la vilă, în cameră, receptorul continuă să funcţioneze puternic, dar imediat ce este scos în aer liber, puterea lui scade brusc.

Ce se întîmplă? Doar nu este posibil ca în cameră receptorul să dezvolte o putere mai mare decît atunci cînd funcţionează în grădină?

Desigur că receptorul atît în cameră cît şi în aer liber funcţionează la fel; puterea debitată de el şi volumul sonor dezvoltat sînt de asemenea identice, dar în cameră se aude într-adevăr mai tare decît în aerul liber. Aceasta se explică foarte simplu.

În aer liber unda acustică creată de difuzorul receptorului ajunge pînă la noi şi pleacă mai departe. Cum s-ar

spune, noi auzim fiecare sunet al difuzorului o singură dată. Alta este situaţia în cameră.



Desigur că şi în cameră noi auzim în primul rînd unda acustică care ajunge la urechile noastre direct de la receptor. Dar noi nu auzim numai această undă. Undele acustice create de receptor ajung la pereţii camerei, mobilier etc. şi se reflectă de la ele sub cele mai variate unghiuri. O parte dintre undele reflectate pătrunde în urechile noastre şi acţiunea lor se însumează cu acţiunea undei principale. Dar chestiunea nu se termină aici. Undele acustice reflectîndu-se de pereţi se lovesc din nou de pereţi, se reflectă din nou şi iar ajung la urechile noastre, însumîndu-se cu undele care au sosit mai înainte. Desigur că energia undelor sonore se micşorează la fiecare reflexie, adică undele sonore se amortizează. Numărul total de reflexii ale undelor sonore se ridică la cîteva sute într-o cameră, însă asupra intensităţii percepţiei auditive acţionează de obicei primele 5 ··· 10 reflexii, după care puterea undelor reflectate devine atît de mică încît ele nu mai pot să influenţeze intensitatea totală a senzaţiei auditive.

Acţiunile repetate ale undelor sonore asupra organelor auzului duc la o anumită prelungire a fiecărui sunet; însă ea este prea mică pentru a denatura sunetul. Ne putem convinge cu uşurinţă de acest fapt. Distanţele pe care le străbate unda sonoră într-o cameră obişnuită în cursul reflectărilor nu depăşeşte 5 ··· 6 m. La viteza de

340 m pe secundă, sunetul străbate această distanță în aproximativ 0,02 secunde. Prin urmare, primele sunete reflectate, cele mai puternice, se percep în decurs de aproximativ 0,1 secunde. Noi nu observăm prelungirea sunetului cu o zecime de secundă.

Poate oare să se producă în cameră ceea ce acusticienii denumesc desprinderea sunetului reflectat de sunetul principal? Nu, nu se poate. Pentru ca să auzim două sunete separat, intervalul dintre ele trebuie să fie cel puțin de $^1/_{16}$ secunde (v. capitolul „$^1/_{16}$ dintr-o secundă"). În a șaisprezecea parte dintr-o secundă, sunetul străbate distanța de 50 m și prin urmare un ecou puternic — ecoul primei reflectări — se poate obține într-o cameră cu distanța între pereți de cel puțin 25 m, însă asemenea camere nu există.

Din acest exemplu, între altele, se vede clar diferența între ecou și reverberație. Sub reverberație se înțelege mărirea intensității sunetului și a duratei lui, însă fără desprinderea sunetelor reflectate de sunetul de bază. Dacă însă se produce desprinderea sunetului reflectat de sunetul de bază și noi le distingem separat, apare ecoul.

Mărirea intensității sunetului în încăpere, în comparație cu intensitatea sunetului în aer liber se observă nu numai la funcționarea receptoarelor de radio. Cuvintele oratorului, cîntecul, melodiile instrumentelor muzicale etc., se aud mai tare în încăperi, decît în afara lor. Oratorii trebuie să-și forțeze mult vocea în aer liber, căci altfel ei nu se vor auzi bine.

În încheiere, ar fi interesant să punem întrebarea: unde dispare totuși la urma urmei sunetul? Doar undele sonore poartă cu ele o anumită energie care nu poate să dispară fără nicio urmă.

Energia undelor sonore, cuprinsă în oscilația mecanică a particulelor de aer, se transformă pînă la sfîrșit în căldură. Sunetul dintr-o cameră se stinge datorită faptului că energia undelor sonore este cheltuită pentru a învinge frecarea între particulele de aer și pentru încălzirea pereților și a întregului mobilier. Această încălzire

este însă atît de mică, încît noi, desigur, nu putem să o descoperim. În cele spuse despre randamentul receptorului de radio se face o exemplificare cu privire la puterea extrem de mică a oscilațiilor acustice produse de difuzorul receptorului. Noi nu am observa creșterea temperaturii camerei, chiar dacă energia acustică dezvoltată de receptorul de radio în decursul unui an întreg s-ar degaja dintr-o dată.

Convorbire lîngă un avion

Pe aeroport stă un avion mare. Motoarele lui funcţionează. De mugetul lor teribil totul se cutremură în jur şi pare că, chiar dacă ai striga în ureche nu se va auzi nimic.

Lîngă unul dintre motoare stau însă doi piloţi în combinezoane şi căşti bine închise. Casca unuia dintre ei este legată la casca celuilalt printr-un conductor lung care nu împiedică mişcările.

Ei discută liniştit, glumesc, rîd. Noi ghicim aceasta după felul cum ei mişcă mutește buzele şi surîd, dar desigur, nu auzim nimic.

În ce fel izbutesc ei să se facă auziţi? Conductorul care face legătura dintre căştile lor sugerează ideea că ei conversează prin telefon, dar unde sînt atunci microfoanele? Dacă microfonul este ascuns sub îmbrăcăminte, cum captează el sunetele vocii şi de ce nu percepe mugetul motoarelor? Încercaţi să puneţi să cînte tare receptorul în cameră şi să vorbiţi la telefon. Microfonul va capta nu numai vocea ci şi muzica de la receptor şi interlocutorul vostru, probabil, nu va distinge nimic. Dar chiar şi voi nu veţi fi într-o situaţie mai bună, întrucît receptorul va acoperi sunetul mai slab al telefonului.

Şi totuşi presupunerea noastră că această convorbire se face prin telefon este justă. Numai că în acest caz se foloseşte un microfon special — care nu percepe sunetele. Expresia „microfon care nu percepe sunetele“ pare a fi

lipsită de sens. Doar microfonul este destinat pentru a percepe sunete. Dacă el nu va fi sensibil la sunete, nu va putea să funcționeze, pur și simplu.

Totuși, aceasta este exact. Microfonul pe care-l folosesc piloții noștri, care stau lîngă avion, este intenționat executat astfel, încît să nu fie sensibil la sunete. Un asemenea microfon poate fi pus chiar în dreptul gurii și putem să strigăm în el din toate puterile — el nu va reacționa în nici un fel.

Cum putem explica această contradicție?

Noi ne-am obișnuit să considerăm sunetele ca fiind oscilații ale aerului. Sunetele se pot însă propaga nu numai în aer și pot fi transmise nu numai prin aer. Aflîndu-ne într-o cameră cu ferestre și uși închise, noi auzim clacsoanele automobilelor care trec pe stradă, semnalele tramvaielor, strigătele copiilor care se joacă. Între noi și sursele acestor sunete nu există o cale aeriană neîntreruptă. Calea undelor sonore este îngrădită de pereți, ferestre, uși. Undele sonore fac însă să „oscileze" pereții, ușile și ferestrele casei, provoacă în ele vibrații de frecvență audio, care la rîndul lor se transmit aerului aflat în cameră.

Microfoanele despre care se vorbește aici poartă denumirea de *laringofoane*. Ele sînt astfel executate încît nu sînt sensibile la sunetele din aer și undele de aer nu acționează asupra lor. În fiecare microfon există o piesă ușoară oarecare, care sub acțiunea undelor sonore ale aerului se deplasează în raport cu alte părți ale acestuia; aceasta este membrana executată într-un fel sau altul. Această deplasare se folosește pentru transformarea impulsurilor acustice în impulsuri electrice prin variația rezistenței pulberii de cărbune, prin deplasarea bobinei în cîmp magnetic, prin variația capacității condensatorului etc.

În laringofon nu există o asemenea membrană deplasabilă, ușoară. Cînd undele de aer acționează asupra lui, el se va deplasa integral, poziția reciprocă a pieselor lui nu se schimbă, el „nu percepe" sunetele. Dar dacă laringofonul este apăsat pe o suprafață vibrantă, vibrațiile încep să-l încovoaie; în acest caz se va produce o de-

plasare mutuală a diferitelor părți ale acestuia, ceea ce se folosește pentru a transforma energia acustică în energie electrică.

În ce loc se apasă laringofoanele pentru a capta sunetele vocii?

Ele se apasă pe glande (în grecește glandele se numesc laringe), pe care le avem pe gît sub falcă. Cînd vorbim, această parte a gîtului vibrează puternic (apăsați degetele pe gît și spuneți ceva, veți găsi imediat un loc care vibrează puternic) și deformează suprafața laringofonului apăsată pe el. După aceea totul se produce ca în microfon.

Laringofoanele sînt de diferite sisteme: cu cărbune, piezoelectrice etc. Laringofonul piezoelectric poate fi executat cu ușurință chiar de noi, întrucît orice cristal piezoelectric poate să funcționeze ca un laringofon. Un asemenea laringofon funcționează destul de bine cu un receptor de radio cu tuburi. Despre o asemenea utilizare a cristalului piezoelectric se vorbește și în capitolul „Tensiunea pe armăturile cristalului piezoelectric".

Laringofoanele permit să se converseze în locurile în care domnește un zgomot puternic: în apropierea avioanelor, în interiorul tancurilor etc. În aceste cazuri ele se folosesc în ansamblu cu căștile. În căști se introduc microreceptoarele și laringofoanele. Cînd casca este îmbrăcată și încuiată, microreceptoarele se apasă pe urechi, iar laringofoanele de locul necesar al gîtului. Casca acoperă în același timp zgomotele străine și permite să se distingă pe fondul lor sunetele utile produse de microreceptoare.

DIFUZORUL *liniștit*

Îmbinarea noțiunilor *„difuzor liniștit"* ni se pare tot atît de grotească ca și „microfonul care nu este sensibil la sunete", cu care cititorul a făcut chiar acum cunoștință. Însă...

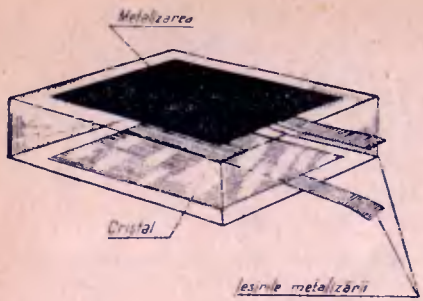
Ați intrat într-un salon de spital. Liniște deplină. O duzină de bolnavi sînt întinși pe paturi. Doi bolnavi dorm, unul citește. Ceilalți stau culcați în diverse poziții. Dintr-odată, parcă la o comandă, mai întîi au început să zîmbească, iar apoi să rîdă în hohote.

Medicul care ne însoțește a zîmbit, observînd privirea noastră consternată și a spus:

— Sînt culcați cu capul pe perne vorbitoare.

Uitîndu-vă mai atent observați că lîngă căpătîiul fiecărui cap este instalată o priză de la care se întinde un conductor pînă sub pernă. La cererea noastră medicul a arătat mecanismul acestei „perne vorbitoare" curioase. Conductorul care merge de la priza legată la rețeaua de radioficare se termină printr-o cutiuță plană din celuloid de lungimea degetului mic, lată de aproximativ un centimetru și cu grosimea de cel mult trei milimetri. Atîta timp cît ea nu atinge obiectele dure, nu emite nici un fel de sunete. Dar dacă ea este pusă pe un obiect oarecare — masă, ladă, foaie de ziar, ea începe să emită sunete ca un difuzor.

În această cutiuță de celuloid se află un cristal piezoelectric. Sub acțiunea curentului de frecvență audio, provenit din rețeaua de radioficare, cristalul piezoelec-



tric împreună cu cutiuța flexibilă oscilează cu frecvența egală cu frecvența curentului și face să oscileze ca o membrană obiectul de care este apăsată. Astfel se nasc sunetele.

Perna este prea moale pentru a juca rol de membrană și a începe să sune, dar ea transmite suficient de bine vibrațiile cristalului piezoelectric spre capul așezat pe ea și permite perceperea sunetului cu orice parte a capului, nu însă și cu urechile. De aceea, pentru ascultarea emisiunilor de radio nu este deloc obligatoriu să se pună urechea pe pernă. Capul poate să fie așezat pe pernă în orice fel. Emisiunea radiofonică va fi oricum auzită.

Însă ea este auzită numai de persoana care și-a culcat capul pe pernă. Perna însăși nu emite sunete și de aceea nimeni dintre cei care se află în cameră nu va auzi nimic.

Asemenea „difuzoare silențioase" sînt foarte comode în saloanele spitalelor, în locuințe comunale, în case de odihnă etc. Unii dintre cei care se află în cameră vor să asculte emisiunea de radio, alții nu vor. Cum să se procedeze? Difuzorul nu se poate pune în funcțiune. Folosirea căștilor este obositoare: ele strîng urechile și capul, obligă să se păstreze poziția capului.

„Piezodifuzorul silențios" este lipsit de aceste neajunsuri. El permite să se audieze emisiunile de radio fără a deranja pe cineva, fără a incomoda capul cu căștile și fără a fi forțați să stăm într-o anumită poziție.

Înglobarea cristalului piezoelectric într-o husă de celuloid este necesară pentru a-l proteja de deteriorări. Cristalele piezoelectrice sînt fragile și fără o astfel de protecție s-ar deteriora rapid.

se poate auzi cu DINȚII

Această întrebare nu face parte din categoria întrebărilor comice. Urechile noastre sînt bine adaptate pentru auzirea sunetelor ce se propagă prin aer, însă sunetele se pot transmite nu numai prin aer. Sunetul este un proces oscilatoriu. Particulele de substanțe care transmit sunetul oscilează în raport cu o anumită poziție medie. Vibrațiile sonore ale corpurilor solide pot fi recepționate de oasele craniului și transmise de către acestea nervului auditiv. Fiziologia perceperii sunetelor decurge mai departe pe căi obișnuite.

Deosebit de bine „aud" dinții. Dacă se prinde între dinți cristalul piezoelectric despre care se vorbește în capitolul precedent, emisiunea radiofonică se va auzi extrem de puternic și cu un sunet foarte clar. Aceasta se explică prin faptul că în cazul de față se realizează un contact nemijlocit între corpul în vibrație și oase. Sunetele se vor auzi și atunci cînd cristalul piezoelectric este apăsat în orice loc al capului: pe frunte, în creștet etc., însă, tăria emisiunii va fi ceva mai mică, întrucît vibrațiile sînt oarecum amortizate de piele.

Tocmai pe această particularitate a craniului se bazează funcționarea „difuzorului silențios". Vibrațiile acustice, care ajung prin pernă de la cristalul piezoelectric la cap, pot fi percepute de orice parte a acestuia. De aceea nu există necesitatea de a apăsa urechea pe pernă.

Posibilitatea perceperii sunetelor de către oasele craniului este salvatoare pentru oamenii cu timpanele de-

fecte avînd însă nervul auditiv normal. Fără această posibilitate ei ar fi nevoiţi să trăiască într-o lume plictisitoare, lipsită de sunete. Capacitatea oaselor craniului de a percepe sunetele le permite să „audă". Pentru asemenea oameni s-au creat „telefoane de os" speciale, denumite osteofoane. În aceste telefoane nu vibrează membrana, care la rîndul ei face să vibreze aerul, ci o mică plăcuţă apăsată pe cap. Vibraţiile se transmit prin plăcuţă la oasele craniului şi mai departe spre nervul auditiv, iar prin aceasta — către centrele cerebrale corespunzătoare.

„Difuzorul silenţios" despre care s-a vorbit în capitolul precedent este înrudit cu osteofoanele. Principiile lor de funcţionare sînt identice. Diferenţa constă în faptul că osteofoanele sînt destinate oamenilor care nu pot să audă prin alte procedee, iar pernele vorbitoare — sînt pentru oamenii care doresc să asculte fără a deranja pe alţii.

Noi folosim uneori capacitatea de a percepe sunetele cu ajutorul oaselor craniene fără a ne da seama de aceasta. De exemplu, pentru a auzi ceea ce se întîmplă după o uşă lipim urechea pe uşă. În acest caz la percepţia cu ajutorul timpanului se mai adaugă şi perceperea sunetului de către oase.

TROPĂITUL muștei

Noi ne-am obișnuit să vorbim că o mulțime de oameni tropăie, să vorbim de tropăitul copitelor de cal. Însăși cuvîntul „tropăit" se leagă cu noțiunea de ceva masiv, greoi. Cum putem vorbi despre tropăitul unei insecte atît de ușoare cum este musca? Oare el se poate auzi?

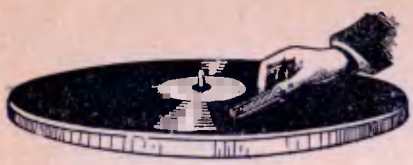
Un bun cristal piezoelectric face ca expresia „tropăitul muștei" să fie pe deplin reală.

Cristalele piezoelectrice fac parte dintre aparatele reversibile. Dacă cristalul piezoelectric este introdus în circuitul curentului de frecvență audio, el începe să vibreze. Aplicarea unei tensiuni electrice pe cristalul piezoelectric îl face să se deformeze. Și invers, prin deformarea (încovoierea, întinderea) cristalului piezoelectric, apar pe el sarcini electrice.

Sensibilitatea cristalelor piezoelectrice este excepțional de mare. Chiar și cea mai mică atingere duce la apariția unor sarcini electrice. Desigur că aceste sarcini sînt foarte mici, astfel încît nu putem să le descoperim în mod direct, însă radiotehnica cunoaște procedee de amplificare chiar a unor impulsuri electrice neînsemnate.

Să luăm un cristal piezoelectric și să-l conectăm la bornele receptorului de radio, destinate pentru conectarea dozei de pick-up. Receptoarele de radio amplifică semnalele aplicate acestor borne, de foarte multe ori.

Acum, chiar o ușoară atingere a cristalului piezoelectric se va manifesta sub forma unui zgomot și pîrîit puternic



al difuzorului. Puneți cristalul piezoelectric pe masă și aveți răbdare pînă se va așeza pe el o muscă. Pierderea de timp va fi compensată prin posibilitatea de a auzi ceva ce puțini au auzit: tropăitul mușteî care aleargă pe cristalul piezoelectric. Sunetele care se vor auzi în acest caz prin difuzor justifică pe deplin utilizarea cuvîntului „tropăit". De aici pare că este foarte aproape pînă la recordul de finețe a auzului, despre care se vorbește în poveștile populare: pînă la posibilitatea de a auzi cum crește iarba.

Cristalul piezoelectric racordat la intrarea de pick-up permite să se execute multe experiențe interesante. Apăsați-l pe gît lîngă laringe și spuneți ceva — difuzorul vă va repeta cuvintele: în acest caz cristalul piezoelectric funcționează ca un laringofon. Prindeți de cristalul piezoelectric un ac de patefon și cîntați cu el o placă de patefon — cristalul piezoelectric se va transforma într-o doză de pick-up extrem de sensibilă. Aplicați cristalul piezoelectric pe placa de rezonanță a unei viori, a unei balalaici, a chitarei, a pianului și atunci cînd cîntați cu aceste instrumente muzica va fi redată în difuzor.

Se pot face o mulțime de experiențe de acest fel.

Cristalul piezoelectric este un reprezentant foarte bun și accesibil al acelor aparate care posedă capacitatea de a transforma nemijlocit impulsurile mecanice în energie electrică, permițînd astfel măsurarea și studiul lor cu ajutorul unor aparate electrice extrem de fine și de sensibile.

Cristalele piezoelectrice sînt mutatoare de impulsuri mecanice în impulsuri electrice. Se ştie în general că aceste mutatoare sînt foarte eficace — aparatele piezoelectrice dezvoltă tensiuni mai mari în comparaţie cu aparatele similare ca destinaţie, făcînd parte din alte sisteme. De exemplu, microfoanele piezoelectrice dezvoltă o tensiune care se evaluează la sutimi de volt, în timp ce microfoanele dinamice, cu bandă etc., dau tensiuni de zeci de ori mai mici. Dozele de pick-up piezoelectrice dezvoltă cîţiva volţi, uneori pînă la 2···3 volţi, iar dozele electromagnetice nu dau mai mult decît 0.2···0.5 volţi.

Tensiuni atît de importante apar pe armăturile cristalelor piezoelectrice, la amplitudini relativ mici ale forţelor mecanice aplicate. La microfoane ele sînt — în majoritatea cazurilor — mai mici decît un micron. La dozele piezoelectrice ele sînt de asemenea foarte mici. Într-adevăr, abatarea şanţului acustic modulat al discului de patefon faţă de poziţia lui mijlocie nu depăşeşte 50 microni pentru cea mai puternică înregistrare. Evident că amplitudinea oscilaţiilor vîrfului acului de patefon nu poate să fie mai mare decît această mărime. Acul împreună cu sistemul purtător de ac constituie o pîrghie la care braţul cu ac este de cel puţin 3···4 ori mai lung decît braţul de care este prins cristalul piezoelectric. De aceea amplitudinile oscilaţiilor mecanice recepţionate de cristalul piezoelectric nu depăşesc 15 microni.

Ce tensiuni pot să apară pe armăturile cristalelor piezoelectrice sub influența acțiunilor mecanice mai puternice?

Ele pot fi foarte importante. Dacă se lovește cristalul piezoelectric cu degetul sau cu un bețișor, cu o forță care nici pe departe nu reprezintă un pericol pentru integritatea lui, pe armăturile cristalului piezoelectric apare o tensiune care depășește 100 volți. Ne putem convinge cu ușurință de acest fapt conectînd la cristalul piezoelectric un mic bec cu neon. de exemplu, de tipul MH-3 sau MH-5 (becul de semnalizare cu neon de la receptorul „Rodina-52"). Prin lovirea cristalului piezoelectric, acest beculeț pîlpîie, cu toate că potențialul lui de aprindere este de apriximativ 60 volți și el însuși constituie o sarcină foarte mare pentru cristalul piezoelectric.

Trebuie să remarcăm că asemenea tensiuni neașteptat de mari, apar mai des decît ne așteptăm; ele rămîn însă neobservate datorită valorii mici a sarcinilor. Toți cunosc, de exemplu, că dacă se trece pieptenul prin părul uscat, acesta se electrizează; va începe să atragă bucățele de hîrtie etc. Valoarea reală a tensiunii rămîne însă în majoritatea cazurilor necunoscută. Ea nu este însă chiar atît de mică. Dacă se trece pieptenul prin păr, iar după aceea se atinge borna unui voltmetru static, acesta va indica peste 100 volți, uneori pînă la 150 volți. Aceasta este mai mult decît tensiunea rețelei de iluminat.

Aceasta nu este VOCEA MEA

Ați înregistrat pentru prima dată în viață vocea pe bandă de magnetofon. Cu mare interes îl comutați pentru redare și... vă dezamăgiți. Din difuzor se aude în loc de vocea voastră o voce străină, necunoscută.

Nu se știe însă de ce persoanele din jur nu au sezisat deformarea vocii, ei afirmă că vocea este foarte asemănătoare. Prin ce se explică oare această divergență? De ce toți recunosc vocea voastră afară de voi?

Toate sunetele din afară le percepem cu urechile, însă sunetele vocii proprii nu le prindem cu urechile, ci prin intermediul oaselor craniene. Vibrațiile coardelor vocale se transmit nemijlocit oaselor și prin ele nervului auditiv. La transmiterea însă prin oase sunetul capătă o altă nuanță decît transmițîndu-se prin aer. Noi ne-am obișnuit cu un astfel de timbru al vocii care este caracteristic transmisiei prin oase și de aceea nu l-am recunoscut cînd am avut ocazia să-l primim „din aer". Toți cei din jur însă, natural, s-au obișnuit cu timbrul „aerian" al vocii voastre și de aceea au recunoscut-o imediat în înregistrarea de pe banda de magnetofon.

De sigur că atunci cînd noi vorbim sau cîntăm, urechile noastre percep și ele sune-

tele din aer, însă excitația care a ajuns la nervul auditiv prin oase este mult mai intensă decît excitația produsă de oscilațiile timpanului și principala nuanță de timbru a vocii este determinată de „traseul osos". Ne putem convinge cu ușurință de aceasta. Încercați să spuneți ceva cu o tărie uniformă și să vă ascultați mai întîi ca de obicei, iar apoi astupînd urechile. Vă veți convinge că astupînd urechile vă veți auzi mult mai tare. Astupînd urechile ați exclus acțiunea tuturor zgomotelor străine asupra nervului auditiv. a zgomotelor care au o acțiune de estompare a sunetelor vocii și de aceea ea a început să se audă relativ mai tare. Cu cît în încăpere este un zgomot mai mare cu atît diferența va fi mai pronunțată.

CE se mişcă mai repede:

DOZA DE REDARE SAU ACUL

La o examinare superficială această problemă poate apărea ca lipsită de sens. Doza de redare şi acul formează un întreg şi se deplasează împreună pe discul de patefon (în realitate se deplasează discul însă în cazul de faţă este vorba de deplasarea relativă). În ce fel pot să aibă ele viteze diferite?

În realitate nici această întrebare nu face însă parte din categoria întrebărilor glumeţe. Viteza de deplasare a dozei de redare şi a acului sînt într-adevăr inegale. Acum ne vom convinge de aceasta.

Pe un disc de dimensiuni obişnuite (cu diametrul de 25 cm), raza minimă a şanţurilor este de aproximativ 6 cm, iar raza maximă de 12 cm. Prin urmare, raza medie a şanţurilor este egală cu 9 cm, iar lungimea medie a spirei şanţului este de aproximativ 54 cm.

Pe un centimetru din raza discului încap în medie 37 şanţuri. Pe 6 cm (diferenţa între razele maximă şi minimă) încap 222 spire, iar întrucît lungimea medie a spirei este de 54 cm, lungimea totală a întregului şanţ acustic este de aproximativ 120 m.

Care este viteza de deplasare a dozei? Ea se calculează simplu. Redarea discului durează, aproximativ 3 minute, iar lungimea şanţului, după cum am văzut, este de 120 m. Prin urmare, viteza de deplasare a dozei, în cifre rotunde este de 2,5 km pe oră — aceasta este viteza unui pieton care merge încet. Trebuie să se ţină însă seama de faptul că această viteză este medie. La începutul dis-

culului, unde viteza este maximă, ea este egală cu aproximativ 3,4 km pe oră, iar la sfîrşit, unde raza spirei este mică ea se reduce pînă la 1,7 km pe oră. Vom observa printre altele că viteza medie de redare a unei spire a şanţului este de 0,77 secunde.

La acest calcul s-a neglijat că şanţul discului de patefon are ondulaţii care variază cu frecvenţa şi intensitatea sunetului înregistrat. Noi am executat calculul lungimii şanţului nemodulat. Ondulaţiile măresc lungimea şanţului de 3···5 ori, adică lungimea reală a şanţului poate ajunge pînă la 600 metri. Vîrful acului dozei urmăreşte sinuozităţile şanţului şi în acelaşi interval de timp, în cursul căruia doza va parcurge 120 m, acul, sau mai bine zis vîrful lui, va străbate o jumătate de kilometru. O jumătate de kilometru în trei minute înseamnă o viteză de zece km pe oră. Pentru a nu rămîne în urmă faţă de doză, este suficient să mergem cu paşi înceţi de plimbare. Dar dacă vrem să nu rămînem în urma vîrfului de ac al acestei doze, vom fi forţaţi să fugim destul de repede.

Vom observa cu această ocazie că funcţionarea dozei se bazează tocmai pe faptul că acul urmăreşte sinuozităţile şanţului, iar doza se mişcă pe o spirală regulată. Dacă această condiţie nu s-ar respecta, doza nu ar putea să funcţioneze.

Calculul expus a fost făcut de noi pentru discul de tip vechi, destinat pentru redarea cu viteza de 78 rotaţii pe minut. Acum se produc discuri de lungă durată, pe care se cîntă cu viteza de 33 1/3 rotaţii pe minut, avînd aproximativ 100 spire pe cm de rază a discului. Durata redării unui asemenea disc (cu dimensiuni obişnuite) este

de 15 minute. Numărul de spire ajunge la 600, astfel că lungimea totală a şanţului nemodulat este de aproximativ 330 m. Durata redării unei spire este de 1,8 secunde. Viteza medie a dozei este de 1,1 km/oră. Viteza maximă — 1,5 km/oră, viteza minimă — 0,75 km/oră. Sinuozităţile şanţului discului de lungă durată sînt mai mici decît la discurile obişnuite; lungimea şanţului modulat depăşeşte lungimea nemodulată de aproximativ 2 ori, constituind prin urmare, aproximativ 650···700 m. Recordul în ce priveşte lungimea şanţului este bătut de discurile de lungă durată, de format mare. Lungimea şanţului lor nemodulat este de aproximativ 1 km, iar a şanţului modulat — pînă la 2 km.

Receptorul de radio și OCHIUL

Receptorul de radio este un aparat destinat pentru recepția undelor de radio. Ochiul nostru este un aparat optic care este destinat să recepționeaze undele de lumină.

Natura undelor de radio și a undelor luminoase este însă identică: și unele și altele sînt oscilații electromagnetice și se deosebesc doar prin frecvență. Noi considerăm în prezent ca unde de radio oscilațiile electromagnetice cu lungimea de undă aproximativ de la cîțiva milimetri pînă la cîțiva kilometri, iar undele de lumină, oscilațiile cu lungimea de undă între 0,36 și 0,76 microni, adică 0,00036···0,00076 mm.

Întrucît din acest punct de vedere, atît receptorul de radio cît și ochiul pot fi considerate ca avînd aceeași destinație, le putem compara calitățile tehnice. Drept criteriu cel mai adecvat de comparație între receptor și ochi considerăm sensibilitatea lor.

Sensibilitatea ochiului omenesc este determinată foarte exact. După cum se știe, sensibilitatea ochiului depinde de iluminarea generală. Ziua, la lumina soarelui, noi nu vedem, de exemplu, luminița țigării aprinse, iar într-o noapte fără lună ea poate fi distinsă de la distanța de o jumătate de kilometru. Vederea noastră capătă acuitate maximă după ce am stat în întuneric cel puțin 20 · · · 30 minute. Acest grad de acuitate se numește vedere nocturnă. Dacă ni se întîmplă să intrăm într-un cinematograf în timpul spectacolului, ne simțim complet dezo-

rientaţi şi sîntem forţaţi să ne deplasăm pe pipăite, lovindu-ne în permanenţă de scaune şi de spectatori. După un anumit timp, noi distingem însă deja fără greutate chiar şi obiectele mici şi citim cu uşurinţă, de exemplu, titlurile de ziar.

Atingînd acuitatea vederii nocturne, ochiul nostru reacţionează la o iluminare a pupilei de aproximativ 10^{-6} lucşi. Dacă această iluminare o exprimăm în unităţi electrice, obţinem că ea corespunde cîmpului electromagnetic cu intensitatea de aproximativ $1{,}5 \cdot 10^{-12}$ W/m^2.

Care este sensibilitatea receptorului de radio? Conform standardelor, sensibilitatea receptoarelor de clasa I trebuie să fie de cel puţin cincizeci microvolţi. Ţinînd seama de înălţimea efectivă a unei antene de recepţie mijlocii, vom considera, că o astfel de forţă electromotoare se aplică receptorului dacă în locul de recepţie intensitatea cîmpului electromagnetic al postului recepţionat este de aproximativ zece microvolţi/m. Energia specifică a unui asemenea cîmp este egală cu $1{,}3 \cdot 10^{-13}$ W.

Astfel, receptorul de radio de clasa I este de aproximativ zece ori mai sensibil decît ochiul. Trebuie să se acorde consideraţia necesară ochiului şi să se menţioneze că, pentru ca receptorul să poată depăşi ochiul în privinţa sensibilităţii, în receptor este necesar să se folosească circa zece tuburi amplificatoare moderne, care dau o amplificare totală de milioane de ori.

Sensibilitatea receptoarelor de trafic este mai mare decît sensibilitatea receptoarelor de radiodifuziune de zeci şi chiar de sute de ori.

Cedînd în faţa receptorului în ce priveşte sensibiltatea, ochiul îl depăşeşte categoric în privinţa benzii de frecvenţe „recepţionate". Ochiul percepe frecvenţe între $4 \cdot 10^{14}$ şi $8 \cdot 10^{14}$ Hz, adică percepe o bandă enormă de $4 \cdot 10^{14}$ Hz (400 cvadrilioane herţi), în timp ce întreaga bandă de frecvenţe utilizată în radiotehnică, cuprinde frecvenţele de la aproximativ 10^5 pînă la $3 \cdot 10^{10}$ Hz, adică o bandă de miliarde de ori mai mică.

Ochiul nostru este un aparat cu o bandă excepţional de largă.

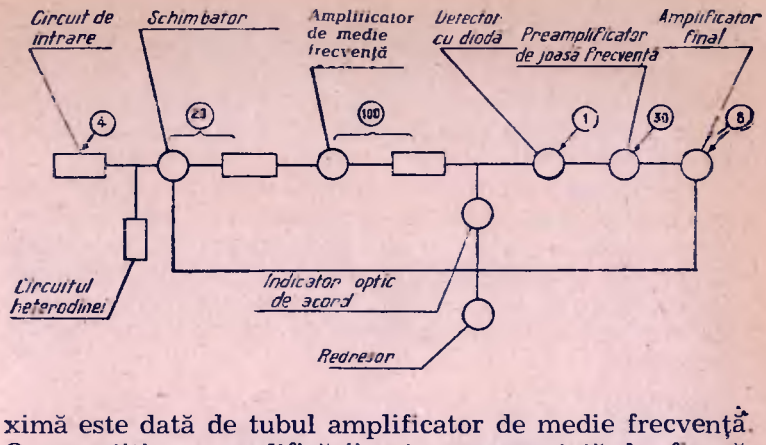
Receptorul de radio amplifică foarte mult tensiunea semnalelor sosite la intrare. La recepția posturilor îndepărtate, tensiunea de la intrarea receptorului este de cîțiva zeci de microvolți, iar în circuitul anodic al tubului lui final se dezvoltă, în cazul acestui semnal, o tensiune alternativă de aproximativ 100 volți, ceea ce corespunde cu o amplificare de aproximativ două milioane de ori.

Care părți ale receptorului realizează această amplificare?

Elementele amplificatoare ale receptorului sînt tuburile lui, în care amplificarea tensiunii aplicate și crearea unei puteri mărite se produc datorită energiei bateriei anodice, cum și datorită circuitelor oscilante în care tensiunea semnalului se mărește datorită proprietății lor de rezonanță.

Nu toate tuburile și circuitele oscilante ale receptorului superheterodină, receptoarele cele mai răspîndite în prezent, participă la amplificarea semnalelor. Tubul redresor și ochiul magic nu participă la amplificare. Nu amplifică nici dioda detectoare, circuitele oscilante ale heterodinei și tubul schimbător, dacă funcțiunile lui în receptor sînt îndeplinite de un tub special.

Dar și piesele receptorului care participă la amplificare dau o contribuție anumită la amplificarea generală care nu este de loc uniformă. Tubul schimbător amplifică slab, dar tubul final amplifică și mai puțin. Amplificarea ma-



ximă este dată de tubul amplificator de medie frecvență. O repartiție a amplificării este reprezentată în figură, unde prin cerculeţe sînt reprezentate tuburile, iar prin dreptunghiuri — circuitele oscilante. Acest receptor este tipic pentru superheterodinele din clasa II. Cifrele situate lîngă tuburi şi circuite oscilante, indică valoarea amplificării. Cifra 1 înseamnă că piesa respectivă nu participă la amplificare. Dintre circuitele oscilante existente în receptor, numai circuitul de intrare produce o amplificare a tensiunii. În celelalte etaje care au circuite oscilante, amplificarea se obţine datorită acţiunii comune a tuburilor şi a circuitelor oscilante.

Două milioane nu constituie nici pe departe limita amplificării receptorului. Însă şi această amplificare este greu de comparat cu ceva. Doar cel mai bun microscop măreşte numai de o mie de ori şi chiar şi formidabilul microscop electronic modern, care permite să se zărească moleculele mari, măreşte de aproximativ o sută de mii de ori.

Zgomotele — externe şi interne — formează o adevărată „plagă" a recepţiei. Ele impun o limită efectivă sensibilităţii receptoarelor de radio.

Atunci ce valori ale sensibilităţii se pot obţine totuşi în receptoare?

Sensibilitatea prevăzută în standarde pentru receptoarele de radiodifuziune de clasa I este de 50 microvolţi. Sensibilitatea reală a acestor receptoare este de obicei ceva

mai mare şi variază aproximativ între 20 ··· 30 microvolţi. Cele mai bune receptoare de trafic au sensibilitatea de aproximativ 1 ··· 10 microvolţi. Judecînd după datele publicate, sensibilitatea maximă a avut receptorul postului de radiolocaţie care a emis semnale în lună. Sensibilitatea lui a fost de aproximativ 0,1 microvolţi.

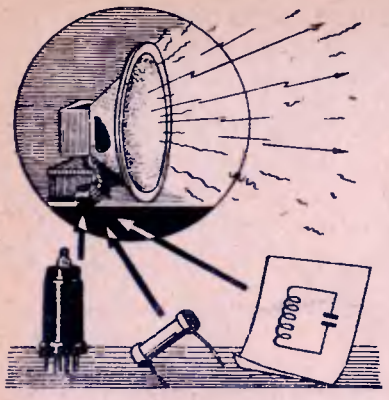
O sensibilitate excepţională o au receptoarele radiotelescoapelor. Ele sînt capabile să recepţioneze semnalele cu o intensitate a cîmpului de 0,08 microvolţi pe metru, ceea ce este echivalent cu energia specifică de 10^{-17} waţi pe metru pătrat. O asemenea energie specifică ar crea la Moscova beculeţul unei lanterne de buzunar care arde la Vladivostok.

Folosind etaje cu tuburi în diferite combinaţii, într-un număr sau altul, s-ar părea că se poate realiza o amplificare oricît de mare. Este suficient ca în schema reprezentată în ultima figură să se adauge un etaj de amplificare de joasă frecvenţă, pentru ca amplificarea generală să crească de zece ori şi să atingă, să presupunem, în loc de două milioane — douăzeci de milioane. La o asemenea amplificare, s-ar părea că se pot recepţiona semnale de zece ori mai slabe. Iar dacă în loc de amplificator de joasă frecvenţă se adaugă un amplificator de medie frecvenţă, amplificarea nu mai creşte de zece ori, ci de o sută de ori şi receptorul va trebui să recepţioneze semnale foarte slabe. să zicem de un microvolt.

Există oare în această privinţă limite?

Limitele există. Ele limitează sensibilitatea receptoarelor şi nu permit să se utilizeze pe deplin posibilităţile pe care le oferă tubul electronic.

Prima cauză limitatoare constă în faptul că — cu cît este mai mare amplificarea receptorului, cu atît este mai puţin stabilă funcţionarea lui, cu atît mai uşor se autoexcită acest receptor. Combaterea autoexcitării prezintă dificultăţi importante şi se realizează prin mai multe procedee, de exemplu: printr-un calcul judicios al amplificatoarelor de înaltă frecvenţă, prin ecranarea şi amplasarea raţională a tuburilor şi pieselor montajului etc. Adesea aceasta duce la necesitatea complicării montajului şi la introducerea în montaj a aşa-numitelor filtre de



decuplare. În cazul măririi sensibilității receptorului crește pericolul de autoexcitare, întrucît cu cît este mai mare amplificarea, cu atît sînt mai mici cuplajele dintre etaje și circuite, care ar trebui să fie suficiente pentru producerea autoexcitării.

A doua cauză și, probabil, cea mai greu de învins, constă în zgomotele proprii ale receptorului. Produc zgomot tuburile însăși (v. cap. „Zgomotul superheterodinei și musculițele"). Pentru mărirea sensibilității sîntem nevoiți să folosim mai multe tuburi, însă fiecare tub amplifică zgomotele tuturor tuburilor precedente și, în afară de aceasta, el însăși constituie o sursă de zgomote suplimentare.

Multe alte piese ale receptoarelor formează și ele surse de zgomot. De exemplu, produc un zgomot puternic rezistențele, și nu numai cele nemetalice (de carbon, ci chiar și cele mai bune rezistențe bobinate. S-a stabilit că agitația termică haotică a electronilor în interiorul conductoarelor creează la capetele lor o anumită diferență de potențial. Datorită caracterului haotic al agitației termice a electronilor, tensiunile create de ele variază permanent, atît ca mărime cît și ca semn. Această tensiune alternativă conține toate frecvențele audio de la cele mai joase pînă la cele mai înalte și la ieșirea receptorului se manifestă sub formă de zgomot. Întrucît agitația termică a electronilor se accelerează la creșterea temperaturii, concomitent cu aceasta se măresc și zgomotele.

S-ar părea că se poate micșora zgomotul introdus de rezistențe căutînd să se execute etajele de intrare fără ele, acolo unde apariția zgomotelor este cea mai periculoasă, ele fiind amplificate de toate etajele următoare. Surse importante de zgomote sînt și circuitele oscilante, fără

de care etajele de intrare ale receptoarelor nu pot să existe. Rezistența conductoarelor circuitului oscilant, în curent continuu este foarte mică, însă tensiunea zgomotelor care ia naștere la bornele circuitului este proporțională cu rezistența lui la rezonanță și nu cu rezistența în curent continuu. Aceasta se poate explica fizic în felul următor: zgomotele sînt create de agitația termică a electronilor în conductoare și — prin urmare — forța electromotoare a zgomotelor care apar în circuit, depinde de valoarea rezistenței bobinei în curent continuu. Datorită însă proprietăților de rezonanță ale circuitului, toate forțele electromotoare care acționează în el și deci și tensiunea de zgomot, se amplifică mult. Ele se amplifică cu atît mai mult, cu cît este mai bun circuitul oscilant. Întrucît aceeași cauză duce la creșterea impedanței de rezonanță a circuitului, se obține ca drept sursă de zgomot să fie considerată impedanța de rezonanță a circuitului. În unde lungi, rezistența bobinei circuitului oscilant în curent continuu, este în cel mai rău caz doar de cîțiva ohmi, iar impedanța la rezonanță a circuitului are de obicei o valoare de la 80 la 300 kiloohmi. Pe un asemenea circuit oscilant tensiunea de zgomot poate atinge $3 \cdots 5$ microvolți. Înseamnă că și în cazul lipsei complete a perturbațiilor exterioare, chiar numai zgomotele circuitului de intrare nu vor permite să se recepționeze semnalele, care creează tensiuni de același ordin de mărime.

Trebuie să se aibă în vedere, în sfîrșit, că și în antenă apar zgomote care se aplică la intrarea receptorului împreună cu semnalul recepționat.

Care este mai avantajos : UN CIRCUIT OSCILANT BUN SAU UNUL PROST ?

Zgomotele termice, create de circuitul oscilant de intrare, limitează posibilitatea măririi sensibilităţii receptorului (v. capitolul precedent). Cu cît este mai mare impedanţa la rezonanţă a circuitului cu atît sînt mai mari şi zgomotele create de el. Apare astfel o deducţie logică: să se micşoreze impedanţa la rezonanţă a circuitului, iar împreună cu ea să se micşoreze şi zgomotele. Pentru aceasta este necesar să se folosească un circuit oscilant de o calitate mai proastă, cu un factor de calitate mai mic. S-ar părea că această soluţie este foarte simplă şi uşor de realizat — căci totdeauna este mai uşor să realizăm un circuit oscilant prost decît unul bun.

Această soluţie ar fi însă grăbită şi greşită. Nu trebuie să uităm că circuitul de intrare nu dă numai naştere la zgomote dăunătoare, ci măreşte simultan tensiunea semnalului recepţionat. În aceasta constă unul dintre scopurile lui.

Pentru sensibilitatea receptorului are o mare importanţă de cîte ori se măreşte tensiunea semnalului în circuitul de intrare datorită proprietăţilor de rezonanţă ale acestuia. Mărimea acestei tensiuni se numeşte coeficient de transfer al circuitului de intrare. Cu cît este mai mare coeficientul de transfer, cu atît va fi mai mare tensiunea semnalului de pe grila primului tub. Coeficientul de transfer K este însă direct proporţional cu factorul de calitate al circuitului de intrare:

$$K = aQ,$$

iar zgomotele circuitului U_z sînt poporționale cu rădăcina pătrată a factorului de calitate, adică

$$U_z b = \sqrt{Q}.$$

Astfel, oricît ar crește impedanța la rezonanță a circuitului, aceasta oricum este avantajos, întrucît semnalul util crește în acest caz mai mult decît zgomotele dăunătoare și raportul dintre tensiunea semnalului și tensiunea de zgomot se ameliorează. Dacă, de exemplu, tensiunea de zgomot a circuitului oscilant este de 5 microvolți, tensiunea semnalului la grilă este de 10 microvolți, raportul semnal—zgomot este $10 : 5 = 2$.

Îmbunătățind factorul de calitate al circuitului prin dublarea lui, mărind zgomotele lui proprii de două ori, ele devin egale cu $5\sqrt{2} \approx 7$ microvolți. Semnalul de aceeași intensitate va da însă pe grila tubului o tensiune dublă în comparație cu tensiunea de mai înainte, adică $10 \cdot 2 = 20$ microvolți. Raportul dintre semnal și zgomot a devenit egal cu $20 : 7 = 2{,}82$, adică aproape de o dată și jumătate ori mai mare. În urma acestui fapt, se va îmbunătăți calitatea recepției.

De aceea nu trebuie să ne ferim de loc de înrăutățirea funcționării receptorului datorită utilizării la intrarea lui a unor circuite oscilante de calitate. Dimpotrivă, cu cît sînt mai bune aceste circuite, cu atît funcționează mai bine sistemul de intrare al receptorului. În ce privește circuitele folosite în etajele următoare — în amplificatoarele de înaltă și medie frecvență, în aceste elemente ale receptorului zgomotele care apar în circuite nu au în general nici o importanță practică.

Amplificarea de 15 miliarde de ori

Zgomotele proprii limitează sensibilitatea receptoarelor de radio; totuşi amplificarea dată de ele este mare. Amplificarea de două milioane ori este normală pentru un receptor mijlociu (v. cap. „Cît de mult amplifică receptorul"). Receptoarele, nu sînt create însă pentru a amplifica tensiunea. Noi nu apreciem receptoarele după tensiunea la ieşire, ci după puterea la ieşire. Pe noi ne interesează care este puterea de audiofrecvenţă debitată de receptor.

Ca rezultat al acţiunii undelor de radio ale postului recepţionat asupra antenei receptorului, acesta primeşte de la antenă o putere anumită care este cheltuită pentru a crea pe rezistenţa de intrare a receptorului o anumită tensiune. Dacă receptorul nu ar primi de la antenă nici o putere, în circuitul lui de intrare nu ar putea să apară tensiune.

O antenă de recepţie mijlocie, cînd în ea acţionează o forţă electromotoare de 100 microvolţi, poate să transmită receptorului, în cazul cel mai bun, cel mult 10^{-11} waţi. Receptoarele de clasa a II-a au puterea de ieşire de cel puţin 1,5 waţi. Astfel, puterea de 10^{-10} waţi, intrată din an-

tenă în receptor, se amplifică în acesta pînă la 1,5 waţi, adică de 15 miliarde ($15 \cdot 10^9$) ori.

Amplificarea de tensiune a receptorului, care se ridică la milioane, păleşte faţă de această cifră enormă. Ce înseamnă 15 miliarde? Să luăm un bănuţ — o mică monedă metalică a cărei valoare este de un ban. Ea cîntăreşte exact un gram. 15 miliarde de asemenea bani vor constitui suma de 150 milioane lei şi vor cîntări 15 000 tone. Industria de automobile sovietică produce autocamioane supraputernice cu capacitatea de 25 tone — renumitele autocamioane basculante ale uzinei din Minsk. Pentru transportul a 15 miliarde bani va fi necesară o coloană formată din 600 autocamioane de acest gen. Această coloană se va întinde pe şosea pe o distanţă de 9 km. Dacă 15 miliarde bani se aşază unul peste altul se va obţine o coloană înaltă de 13 600 km.

Iată ce înseamnă 15 miliarde. Receptorul nostru de radio modest este capabil să producă o asemenea amplificare formidabilă a puterii, de sigur, datorită energiei pe care o capătă de la sursele de alimentare. Aparatele mai puternice, la recepţia posturilor care creează cîmpuri de intensitate mai mică, amplifică de zeci şi sute de ori mai mult. Este greu să găsim o comparaţie convenabilă pentru astfel de amplificări.

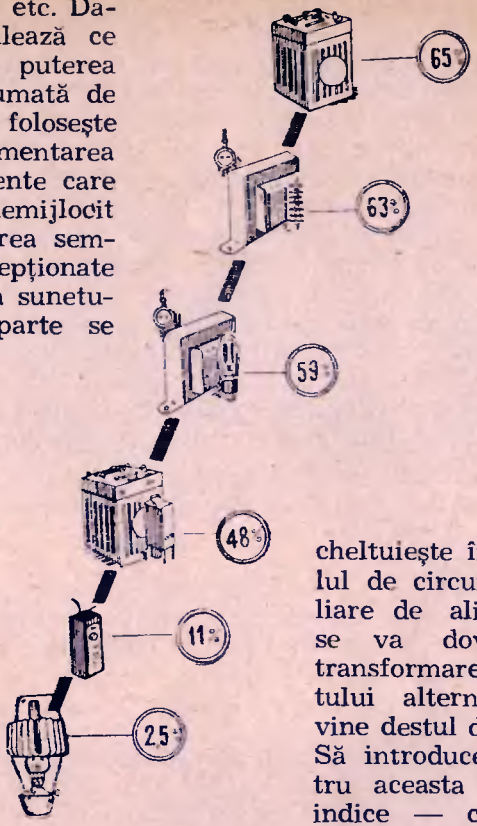
COEFICIENTUL *de utilizare a* ENERGIEI

Dintre toate felurile de alimentare cu energie electrică a aparatajului de radio, cea mai ieftină şi mai comodă este alimentarea de la reţeaua de iluminat, întrucît energia electrică a reţelei de iluminat este mult mai ieftină decît energia obţinută de la alte surse de alimentare: acumulatoare, baterii galvanice etc. Alimentarea receptorului de la reţeaua de curent alternativ este cea mai avantajoasă, întrucît permite să se obţină în receptor tensiuni continue şi alternative de orice valori, necesare pentru alimentarea tuburilor.

La construirea receptorului se tinde de obicei să se aleagă pentru tuburi un regim economic, care să permită să se obţină parametrii necesari cu un consum minim de energie. Economicitatea receptorului este caracterizată de raportul dintre puterea consumată pentru alimentare şi puterea de audiofrecvenţă debitată. Însă o parte foarte mică din energia obţinută de la sursele de alimentare este folosită nemijlocit pentru funcţionarea tuburilor. pentru excitarea difuzorului, pentru alimentarea beculeţelor de scală şi a celorlalte elemente „utile" ale montajului. O mare parte a energiei se cheltuieşte în scopuri auxiliare, legate de transformarea energiei în formele necesare nouă, adică în tensiune continuă, de valoarea necesară.

De exemplu, în receptorul alimentat de la reţea se produc pierderi inevitabile de energie în transformatorul de reţea, în tubul redresor, în diferite divizoare de tensiune,

în rezistențe etc. Dacă se calculează ce parte din puterea totală, consumată de receptor, se folosește pentru alimentarea acelor elemente care participă nemijlocit la amplificarea semnalelor recepționate și la redarea sunetului și ce parte se



cheltuiește în tot felul de circuite auxiliare de alimentare, se va dovedi că transformarea curentului alternativ revine destul de scump. Să introducem pentru aceasta un nou indice — coeficientul de utilizare al energiei — c.u.e. Valoarea acestui coeficient este foarte importantă pentru receptoarele cu diferite moduri de alimentare.

Pentru receptoarele alimentate de la rețea, în funcție de schema de alimentare, c.u.e este de obicei de 40 ··· 65%. Valoarea de 40% se referă la cazul cînd receptorul alimentat fără transformator, de la rețeaua cu tensiunea de 127 volți, trebuie să se conecteze la rețeaua cu tensiunea de 220 volți printr-o rezistență reducătoare de tensiune, în care se cheltuiește o putere importantă numai pentru

încălzirea acestei rezistențe, adică în mod complet neproductiv.

Schema receptorului alimentat de la acumulatoare poate fi astfel încît toată energia preluată de la ele să se folosească nemijlocit, însă aici pierderile se produc din altă cauză: datorită utilizării incomplete a energiei cheltuite pentru încărcarea acumulatorului. Ca rezultat final și aici valoare c.u.e. este departe de a fi sută la sută.

În cazul alimentării de la baterie, valoarea c.u.e. este determinată de gradul de întrebuințare a energiei pe care ar putea să-l dea zincul dacă s-ar reuși să se utilizeze complet proprietățile lui electrochimice. Deocamdată, partea de energie electrochimică utilizată rămîne foarte mică.

În tabela de mai jos sînt expuse valorile c.u.e pentru receptoarele de tipurile cele mai caracteristice cu diferite moduri de alimentare.

Tipul receptorului	Modul de alimentare	c. u. e. procente
„Baltika"	Rețeaua de curent alternativ (montaj cu transformator cu kenotron)	59
„Moskvici"	Idem cu redresor cu seleniu	63
„Rekord-47"	Rețeaua de curent continuu sau alternativ, 127 volți (montaj fără transformator)	60
	Idem pentru rețeaua de 220 volți	40
„Rodina"	Acumulatoare cu acid (pentru circuitele de încălzire și anodice)	65
	Acumulator cu vibrator	48
	Baterii uscate	11
	Termogenerator cu vibrator (lampă cu gaz pentru încălzire)	2,5

Cifrele expuse nu sînt riguros exacte pentru toate cazurile; ele ne dau doar ordinea de mărime a c.u.e. pentru diferite moduri de alimentare.

Cel mai scăzut c.u.e. se obține în cazul alimentării de la baterii uscate și în special de la termogenerator, unde doar o parte neînsemnată din energia termică a petrolului lampant se consumă pentru a crea energie electrică, iar restul de energie se transformă în căldură și lumină.

Ce importanță au lucrările în domeniul măririi eficienții economice la alimentarea receptoarelor de radio? În viitorul apropiat numărul receptoarelor de radio din Uniunea Sovietică va atinge 10 milioane. Marea lor majoritate va fi, evident, alimentată de la rețea. Dacă se consideră că puterea de alimentare a receptorului este în medie de 50 wați, pentru alimentarea unui asemenea număr de receptoare va fi necesară o putere disponibilă a centralelor electrice de 500 mii kilowați, adică aproape egală cu puterea centralei hidroelectrice de la Nipru.

În cazul acestor cifre capătă importanță un procent cît de mic de creștere a c.u.e.

Receptorul de radio din clasa II, de exemplu, în genul „Balticii", consumă de la rețeaua de iluminat circa 70 waţi. În comparaţie cu majoritatea altor aparate electrocasnice răspîndite — reşouri, ceainice, fiare de călcat, frigidere — această energie nu este mare. Poate doar ciocanele de lipit şi becurile mici consumă mai puţin.

Dar va avea oare omul suficientă forţă pentru ca să alimenteze un asemenea receptor?

S-a stabilit că omul este capabil să dezvolte un timp relativ îndelungat o putere de aproximativ o zecime de cal-putere. Întrucît un cal-putere tradus în unităţi electrice este egal cu 736 waţi, reiese că omul, în condiţii normale, poate să dezvolte o putere de aproximativ 75 waţi, adică atît cît trebuie pentru alimentarea receptorului din clasa II.

În literatura de popularizare ştiinţifică se poate găsi o comparaţie între cantitatea de energie pe care o pierde sub formă de căldură un pahar de ceai, care se răceşte, şi lucrul pe care poate să-l execute această cantitate de energie. O asemenea comparaţie duce, de obicei, la rezultate neaşteptate.

Într-adevăr, un pahar de ceai cu capacitatea de 200 cm^3 (0,2 litri), răcindu-se de la 100 la 20°C (pînă la temperatura camerei), adică cu 80°C, pierde

$$0{,}2 \cdot 80 = 16 \text{ kilocalorii.}$$

Întrucît kilocaloria este echivalentă cu 427 kilogrammetri, 16 kilocalorii pot efectua o muncă egală cu

$$16 \cdot 427 = 6\,832$$

kilogrammetri.

Rezultatul este surprinzător. Automobilul „Moskvici" răspîndit în Uniunea Sovietică, cîntăreşte 830 kg. Vom considera că împreună cu patru pasageri el cîntăreşte 1 100 kg. Prin urmare, datorită energiei paharului de ceai în răcire, automobilul „Moskvici" împreună cu patru pasageri adulţi poate fi ridicat la înălţimea de

$$6\,832 : 1\,100 = 6{,}2 \text{ m.}$$

adică pe acoperişul unei case fără etaj. Nu este de mirare că exemplul acesta este întitulat într-una din cărţile lui I. Perelman „Atletul invizibil într-un pahar de ceai".

Să vedem însă cum va putea acest „atlet" să alimenteze „Baltica" noastră.

1 kilogrammetru este echivalent cu $2{,}72 \cdot 10^{-6}$ watt-ore sau $2{,}72 \cdot 60 = 163{,}2 \cdot 10^{-3}$ watt-minute. Prin urmare, 6 832 kilogrammetri vor da:

$$163{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 6\,832 = 1\,115 \text{ watt-minute.}$$

Întrucît puterea consumată de „Baltica" este egală cu 70 waţi, înseamnă că

$$1\,115 : 70 = 16 \text{ minute.}$$

„Atletul" care poate să arunce automobilul „Moscvici" împreună cu pasageri pe acoperişul casei, va putea alimenta receptorul numai în decurs de 16 minute, după care forţa lui, creată de paharul de ceai răcit, se va epuiza complet.

RANDAMENTUL receptorului de radio

Receptorul de radio poate fi privit ca o instalaţie care transformă o formă a energiei în alta. Receptorul consumă de la sursele de alimentare energie electrică, şi „produce" energie acustică — energia particulelor de aer în oscilaţie. Care este însă randamentul receptorului de radio? Ce parte din energia primită este transformată de receptor în sunet şi ce cantitate a acesteia este cheltuită neproductiv?

Din păcate, randamentul receptorului este foarte scăzut. Este greu să se găsească o altă instalaţie tehnică modernă, care să aibă un randament la fel de scăzut.

Un randament relativ mai ridicat au receptoarele la baterie. Alimentarea de la baterii costă scump, de aceea constructorii de aparate de radio iau toate măsurile pentru a mări eficienţa economică a receptoarelor la baterie. Un receptor la baterie modern de bună calitate, de exemplu receptorul „Rodina" consumă de la baterii aproximativ 1 watt şi cedează difuzorului sub formă de energie de audiofrecvenţă aproximativ 0,15 waţi. Astfel, randamentul circuitului lui electric este aproximativ:

$$\frac{0{,}15 \cdot 100}{1} = 15\,\%$$

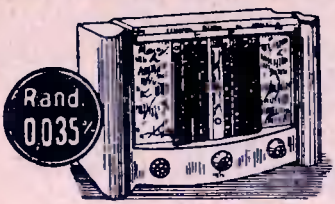
Dacă difuzorul ar transforma în sunet toată energia electrică primită de el, randamentul acestui receptor ar fi

destul de ridicat. 15% nu este un randament chiar atît de prost. După cum se vede din tabela de mai jos, randamentul locomotivelor este de două ori mai mic.

Receptorul	Randamentul, în procente	Receptorul	Randamentul, în procente
„Rodina" (la baterie)	0,15	„Rekord" (la rețea)	0 02
B-912 „ „	0,1	„Vostok" „ „	0,02
„Tula" „ „	0,09	„Mir" „ „	0 035
„Moskvici" (la rețea)	0,01	„Riga-10" „ „	0,045

Însă, din păcate, difuzorul transformă în sunet o parte extrem de mică din energia primită de el și anume doar 1%, adică puterea acustică debitată de difuzor este de aproximativ o sută ori mai mică decît puterea electrică pe care o primește. Ca rezultat, randamentul total al receptorului la baterie, împreună cu difuzorul, atinge în cel mai bun caz 0,15%—cincisprezece sutimi de procent. Este interesant de menționat că în această privință randamentul omului este aproximativ identic cu randamentul difuzorului modern. Cînd omul vorbește sau cîntă se transformă în sunet doar 0,01 din energia care se cheltuiește pentru a pune în mișcare coardele vocale, adică randamentul organelor noastre vocale este de aproximativ 1%. Randamentul majorității instrumentelor muzicale este de încă circa zece ori mai mic. Instrumentele muzicale transformă în sunet doar miimi din cantitatea de energie cheltuită pentru a le pune în funcțiune.

Să revenim, însă, la receptoarele de radio. Randamentul de 0,15% trebuie să fie considerat foarte bun pentru un receptor. Cu un asemenea randament se pot lăuda doar puține receptoare la baterie, și numai cele mai bune. Randamentul receptoarelor la rețea este încă de cîteva ori mai mic. În această privință drept un receptor strălucit se poate considera „Riga-10". Acest receptor puternic din clasa I, cu zece tuburi consumă de la rețea doar 85 wați — practic aproape tot atît cît receptoarele din clasa



II cu 6—7 tuburi. Dar și la acest receptor excepțional randamentul este doar de 0,045% — de trei ori mai mic decît la receptoarele bune la baterie.

Iată valoarea randamentului unor receptoare de radio. Este greu să ne imaginăm cît de mici sînt aceste valori ale randamentelor și de aceea să ni le reprezentăm prin exemple. Să presupunem că dispunem de un receptor „Ural" pe care îl folosim cîte trei ore pe zi. Acest receptor consumă de la rețea aproximativ 80 waţi la recepția posturilor de radio. Energia necesară pentru alimentarea lui în decurs de trei ore este:

$$80 \cdot 3 = 240 \text{ watt-ore sau } 2{,}4 \text{ hectowatt-ore.}$$

Dacă costul energiei electrice este de 4 copeici pentru o hectovatt-oră, alimentarea receptorului va costa pe zi:

$$2{,}4 \cdot 4 = 9{,}6 \text{ copeici.}$$

Alimentarea în decurs de un an va costa

$$9{,}6 \cdot 365 = 3\,504 \text{ copeici} \approx 35 \text{ ruble.}$$

Randamentul unui asemenea receptor ca „Ural" nu este mai mare de 0,02%. De aceea, costul părții din energia consumată de receptor și transformată în sunet, va fi de:

$$\frac{3\,500 \cdot 0{,}02}{100} = 0{,}7 \text{ copeici.}$$

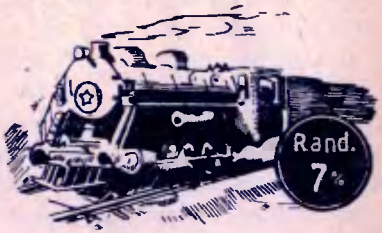
Dintre cele 35 ruble pe care le plătim pentru alimentarea receptorului în cursul anului, doar 0,7 copeici, adică mai puțin de o copeică, reprezintă plata pentru „producția" utilă a receptorului — pentru sunet.

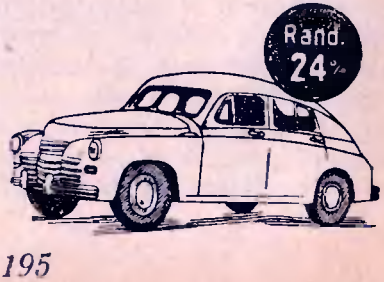
Pentru ce plătim noi oare restul de 34 ruble și 99,3 copeici?

Puneți mîna pe un receptor în funcțiune. El este cald. Energia electrică se transformă în el în căldură. Din suma totală de 35 ruble noi plătim numai 0,7 copeici „pentru sunet", iar 34 ruble și 99,3 copeici le plătim pentru încălzirea camerii.

Să dăm pentru comparație randamentele a cîtorva aparate și mașini bine cunoscute:

Aparatul	Randamentul în procente
Receptorul de radio (în medie)	0,02
Becul electric de iluminat de 15 wați	6
Tubul fluorescent (tubul lumina zilei) de 15 wați	18
Locomotiva (în medie)	7
Automobilul „Pobeda"	24
Transformatorul electric de mare putere	99

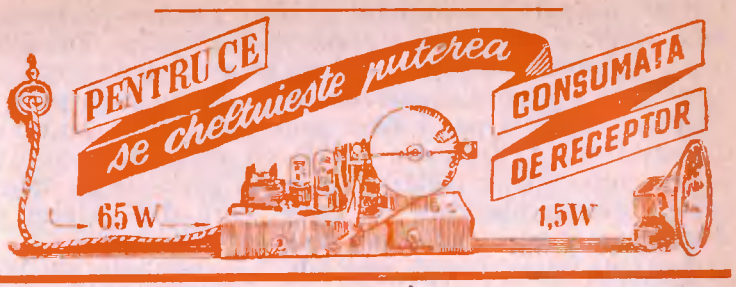




După cum vedem, becul electric de iluminat, considerat drept model de cheltuială neproductivă a energiei, are în comparaţie cu receptorul de radio un randament enorm, mai mare de 300 ori decît randamentul receptorului.

Dar să nu fim prea severi în privinţa receptorului de radio. El are confraţi în ceea ce priveşte valoarea redusă a randamentului. Să considerăm, de exemplu, lucrările de puşcare. Care este randamentul lor, adică care este raportul dintre partea de energie care a efectuat munca utilă şi întreaga energie dezvoltată de substanţa explozivă?

Randamentul lucrărilor de puşcare este de asemenea foarte mic. El variază aproximativ între 0,1 şi 0,5%, atingînd în cele mai bune cazuri 1%. Exploziile sînt foarte spectaculoase şi impresionante, însă randamentul lor, ca şi randamentul receptorului de radio, lasă de dorit.



Cum s-a indicat mai sus, receptorul de radio poate să candideze cu depline drepturi la unul dintre primele locuri printre aparatele electrice care se deosebesc printr-un randament foarte scăzut. N-ar fi lipsită de interes o analiză a felului în care se distribuie consumul de energie pe diferite elemente ale receptorului. Să facem aceasta folosind, de exemplu, receptorul „Baltica", care este un receptor tipic, din clasa a II-a.

Puterea electrică utilă o obţinem numai în difuzor; ea este aproximativ de 1,5 waţi. Tot restul puterii consumate de receptor din reţeaua de iluminat, respectiv circa 65 waţi, se cheltuieşte în receptor în mod neraţional şi se degajează sub formă de căldură. Este adevărat că nu toată energia dispare complet inutil. Acesta este cazul beculeţelor care iluminează scala. Cu toate că ele nu prestează nici o muncă utilă, fac însă ca manipularea receptorului să fie mai comodă. Ele însă consumă circa 12% din întreaga putere!

Într-o anumită măsură sînt justificate şi cheltuielile de energie pentru încălzirea catozilor. Datorită acestei energii, electronii capătă posibilitatea de a părăsi catodul şi de a creia fluxul electronic necesar pentru funcţionarea tubului. Circuitele de încălzire sînt unul dintre principalii consumatori de energie electrică — în ele se cheltuieşte aproximativ 30% din întreaga putere consumată de receptor.

Puterea disipată sub formă de căldură pe anozii tuburilor se pierde însă complet inutil. Aceşti electrozi se dovedesc, oricît de curios s-ar părea, foarte lacomi: pentru încălzirea lor se cheltuieşte aproape 30% din întreaga putere, doar cu ceva mai puţin decît pentru încălzirea catozilor. Totodată această încălzire inutilă nu aduce decît pagube pentru tub. Anozii încălziţi uşurează pericolul de degajare a gazelor absorbite de metal, care sînt extrem de dăunătoare pentru tub şi pot duce la stricarea lui.

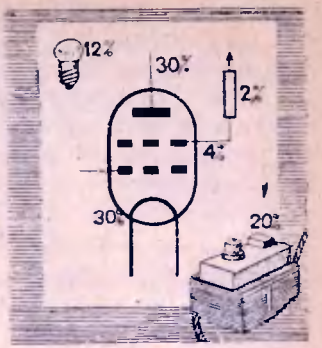
O poftă de mîncare mult mai mică au circuitele grilelor-ecran: în ele se consumă doar aproximativ 6% din cantitatea totală de energie, 4% fiind atribuită pentru încălzirea inutilă şi vătămătoare a grilelor de ecranare propriu-zise, iar 2% se pierd în rezistenţele reductoare de tensiune.

Cel mai modest se dovedeşte a fi transformatorul de ieşire, căruia i se atribuie uneori, cu totul nemeritat, rolul de mare consumator de putere. În el se pierde doar aproximativ 1% din întreaga cantitate de energie electrică consumată de receptor. Dat fiind consumul atît de neînsemnat, acest transformator nici nu poate să se încălzească în mod vizibil.

Rămîne să se menţioneze ultimul consumator inutil — transformatorul de reţea, în care se cheltuieşte o parte destul de însemnată din întreaga energie — aproximativ 1/5 adică 20%. Această energie nu creează nimic afară de prejudicii pentru transformatorul însuşi.

Desigur că se pot spune multe despre consumul inutil de energie în receptor, însă este greu să se propună căi radicale pentru reducerea acestui consum, care să fie realizate la nivelul actual al tehnicii. Multe lucrări se pot face prin mărirea eficienţei economice a catozilor, prin crearea unor catozi cu emisiune specifică mare. Cea mai reală cale de economie este însă în prezent trecerea la schema de alimentare a receptorului fără transformator, care poate fi folosită cel mai uşor în receptoarele simple, cu un număr mic de tuburi. Aceasta este pe deplin posibil cu condiţia proiectării unei serii de tuburi speciale, destinate pentru alimentarea circuitelor lor de încălzire fără transformator.

Economia de energie electrică realizată prin desființarea transformatorului de rețea va fi destul de importantă.



Înlocuirea kenotronului prin redresor cu semiconductor, care nu necesită cheltuială de putere pentru încălzirea catodului va da, de asemenea, o economie substanțială.

Dacă se ia în considerare faptul că în anii următori producția anuală de receptoare din această clasă se va ridica în Uniunea Sovietică, probabil, la cel puțin două milioane bucăți, este ușor de calculat că economia obținută prin aplicarea acestei măsuri va fi de aproximativ 50 milioane kilowatt-ore energie electrică anual! Iar dacă la aceasta se adaugă economisirea a sute de tone conductor de cupru și tablă de transformator, va deveni cu totul evident avantajul aplicării acestei soluții.

Desigur, nu ne putem limita la aceasta. Problema reducerii cheltuielilor inutile de energie electrică în receptorul de radio va mai frămînta încă mulți ani pe inginerii și oamenii de știință și nu ne îndoim că în acest sens se vor realiza succese mari.

În această privință, utilizarea tranzistoarelor în locul tuburilor (v. capitolul „Trei concurenți ai tubului electronic") deschide perspective largi. Astfel, de exemplu, un amplificator electronic, foarte economic, funcționînd ca amplificator portativ, consumă aproximativ 180 miliwați (dintre ei pentru alimentarea circuitului de încălzire, se consumă circa 90 miliwați), debitînd la ieșire 10 miliwați, adică randamentul lui este de aproximativ 6%. Un asemenea amplificator cu tranzistor consumă aproximativ 165 miliwați debitînd o putere electrică de 60 miliwați, adică are un randament de șase ori mai mare — aproximativ 38%.

Puterea receptorului și suprafața camerei

Puterea de ieșire a receptoarelor de radiodifuziune oscilează între 1,5 waţi la receptoarele cele mai simple la baterie și 4—5 waţi la receptoarele de rețea din clasa I-a. Dar ce putere este necesară în realitate pentru ca emisiunea radiofonică să fie auzită puternic în camerele de locuit de dimensiuni obișnuite?

Tăria sunetului este o noțiune destul de convenţională și care depinde de gusturile individuale. Unora le place să asculte astfel, încît tăria să fie abia-abia suficientă pentru a distinge complet sunetele, cu condiţia respectării liniștei în cameră, alţii nu admit decît recepţiile cu butonul regulatorului de volum deschis la maximum. A fost studiată cel mai mult problema valorii puterii de audiofrecvenţă, necesară pentru o bună sonorizare a încăperilor de cubaj diferit în cinematograful sonor. Natural, toate datele informative din acest domeniu se referă totdeauna la încăperi mari și se exprimă în waţi pe metru cub al volumului sălii. Dacă aceste date se recalculează cu aplicaţie la dimensiunile pe care le au camerele de locuit obișnuite și se raportează, pentru a fi mai ușor de înțeles, la suprafaţă (considerînd că înălţimea camerei este în medie de 3.5 m) în loc de volum, se vor obține rezultatele din tabelă.

Tăria care corespunde valorilor puterilor expuse în această tabelă este astfel, încît va acoperi conversaţia. Pentru a conversa cînd receptorul funcţionează cu o asemenea tărie va fi necesar să se ridice vocea.

Se poate indica pentru comparație că puterea acustică dezvoltată de un patefon obișnuit la redarea unui disc de tărie mijlocie, reprezintă, atunci cînd este recalculată în waţi, aproximativ 0,2 waţi. Difuzorului trebuie să i se aplice 0,2 waţi pentru a obține tăria pe care o are patefonul. Puterea vocii omenești cînd se vorbește cu o tărie normală este, la aceeași recalculare, aproximativ 0,001 watt.

Suprafața camerii, m^2	Puterea difuzorului, waţi	Suprafața camerii, m^2	Puterea difuzorului, waţi
5	0,15	20	0,5
10	0,3	25	0,6
15	0,4	30	0,7

Aceste cifre arată cît de mare este „rezerva" de putere la toate receptoarele noastre de radio. Puterea receptoarelor din clasele III—IV este pe deplin suficientă pentru cele mai mari camere de locuit.

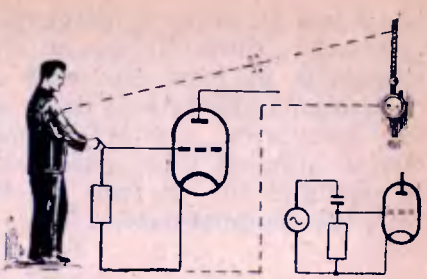
De ce atingerea grilei provoacă un VÎJÎIT

Există un procedeu foarte răspîndit de verificare a stării de funcţionare a părţii de joasă frecvenţă a receptorului — şi anume atingerea cu degetul a grilei de comandă a primului tub de amplificare de joasă frecvenţă (sau grilei tubului detector în receptoarele cu amplificare directă). Dacă amplificatorul este în stare bună, o astfel de atingere va face ca în difuzor să se audă un vîjîit puternic pe un ton jos, asemănător cu un urlet.

Acest procedeu este utilizat larg de către toţi radioamatorii. La fiecare deranjament al receptorului mîna se întinde în primul rînd în mod automat spre borna de intrare a pick-upului. Dacă se va auzi un „urlet", înseamnă că s-a produs un deranjament în etajele de înaltă frecvenţă, iar dacă receptorul nu „urlă" — înseamnă că este defectă partea de joasă frecvenţă sau nu există tensiune pe tuburi.

Nu toţi cei ce se folosesc de acest procedeu de depanare a receptorului îşi dau însă seama de ce prin atingerea ieşirii grilei se provoacă vîjîitul. Doar pentru ca difuzorul să redea un sunet oarecare este necesar ca pe intrarea amplificatorului să se aplice o tensiune de frecvenţa corespunzătoare. Ce tensiune şi cu ce frecvenţă se aplică pe amplificator dacă se atinge cu degetul intrarea lui? Probabil că unii se vor mira aflînd că atingînd cu degetul intrarea amplificatorului, îi aplică prin aceasta o

parte din tensiunea rețelei de iluminat. Totuși aceasta este exact. Între noi și rețeaua de iluminat există totdeauna o anumită capacitate. Ea poate fi foarte mică dar totuși este suficientă pentru ca pe grilă să pătrundă tensiunea capabilă să facă difuzorul să emită sunete, desigur după o amplificare corespunzătoare.



Să încercăm să calculăm ce tensiune va fi pe grila tubului de intrare a amplificatorului, dacă capacitatea omului în raport cu rețeaua de iluminat cu tensiunea de 220 volți este doar de un picofarad.

Pentru curentul alternativ cu frecvența de 50 herți, condensatorul de un picofarad reprezintă o impedanță de aproximativ $3 \cdot 10^9$ ohmi. Dacă rezistența de fugă a grilei tubului de intrare este de un megohm, tensiunea rețelei va fi aplicată unui divizor format din două rezistențe: $3 \cdot 10^9$ ohmi și $1 \cdot 10^6$ ohmi. Grila tubului este conectată la al doilea braț — mai mic — al acestui divizor și ei îi revin trei zecimi de miimi din tensiunea rețelei, adică aproximativ 0,07 volți.

O asemenea tensiune este pe deplin suficientă pentru a face difuzorul să funcționeze. Receptorul capătă de la doza de pick-up o tensiune de aproximativ $0,1 \cdots 0,2$ volți și la această tensiune debitează întreaga lui putere. De aceea nu este de mirare că prin aplicarea aproximativ a unei jumătăți din această tensiune sunetele emise de difuzor sînt destul de puternice.

Trebuie să se țină seama de faptul că, de obicei, o capacitate mult mai mare decît capacitatea dintre corp și rețeaua de iluminat este creată între corp și transformatorul de rețea al receptorului și toate conductoarele străbătute de curent. În acest caz, se induce în plus, de la redresor, tensiunea armonicii a doua a curentului (100 herți), care se amplifică într-o măsură și mai mare.

Ne putem convinge cu ușurință că tocmai această cauză provoacă vîjîitul difuzorului. Atingerea intrării amplificatorului de joasă frecvență a receptorului la baterie — la o anumită distanță de la rețeaua de iluminat — nu este însoțită de „urletul" obișnuit.

Astfel, atingînd grila amplificatorului noi ne conectăm la montajul lui, devenim un braț al potențiometrului: rețea de iluminat-pămînt.

Recepția într un difuzor montat LA UN RECEPTOR CU GALENĂ

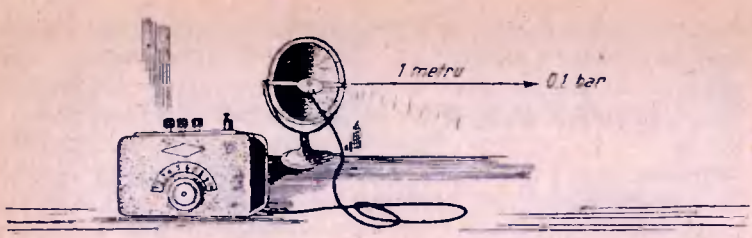
Nici o problemă nu a preocupat atît mințile radioamatorilor ca problema recepției în difuzor de la un aparat cu detector cu cristal. Receptorul cu detector cu cristal, sau cu galenă, cum se mai numește, este simplu, ieftin, nu necesită surse de alimentare. Dacă el ar putea să dea o recepție cît de cît suficientă în difuzor, nici nu ar fi de dorit un receptor mai bun pentru mediul rural.

Multe sînt condițiile care insuflă radioamatorilor credința în posibilitatea rezolvării acestei probleme. Dacă se recepționează la un receptor cu galenă de bună calitate postul de radiodifuziune local și în locul căștilor se conectează la receptor un difuzor sensibil, cum ar fi, de exemplu, „Record", el funcționează astfel încît dacă în cameră se păstrează liniște absolută, emisiunea se aude suficient de clar în apropiere de difuzor. Se pare că este suficient să se perfecționeze puțin receptorul, detectorul și difuzorul pentru a obține o „adevărată" recepție în difuzor.

Este rezolvabilă oare această problemă?

Este perfect clar că putem răspunde la această întrebare determinînd doar ce putere minimă trebuie să se aplice difuzorului pentru redarea sunetelor cu o putere satisfăcătoare și ce putere poate obține receptorul de la antenă, în cel mai bun caz.

Tăria sunetului sau cum se mai numește în tehnică — volumul, se obișnuiește să se determine în unități de



presiune acustică — bari. În standardul privind receptoarele de radiodifuziune este stabilită valoarea presiunii acustice în bari pentru receptoarele din diferite clase. De exemplu, receptoarele de rețea din clasa I trebuie să dezvolte la distanța de 1 m de difuzor o presiune acustică de cel puțin 20 bari, cele din clasa II-a — 10 bari, receptoarele la baterie din clasele II și III — cel puțin 3 bari etc. Presiunea acustică minimă se admite la receptoarele la baterie din clasa IV-a de 2,5 bari, iar în cazul cînd ele sînt deosebit de economice — chiar de 1,5 bari. Astfel, prin standardul existent s-a determinat că receptorul de radio cu puterea cea mai mică trebuie să dezvolte la distanța de un metru o presiune acustică de cel puțin 1,5 bari.

Să admitem că pentru receptorul cu galenă se poate adopta o normă mult mai scăzută, de exemplu de 15 ori mai mică. Considerăm că este suficient ca receptorul să dezvolte la distanța de un metru o presiune acustică de 0,1 bari. Această normă poate fi explicată într-o oarecare măsură. O asemenea presiune acustică corespunde cu tăria cu care auzim un interlocutor situat la distanța de un metru și care vorbește cu vocea înceată.

Această tărie este în oarecare măsură minimă pentru distingerea inteligibilă a vorbirii de către majoritatea oamenilor. Dacă tăria se reduce și mai mult, oamenii cu un auz ceva mai slab vor înceta să mai distingă clar vorbirea.

Ce putere trebuie să debiteze receptorul difuzorului ca acesta din urmă să dezvolte aceeași presiune acustică? Valoarea acestei puteri depinde de randamentul difuzorului. Majoritatea difuzoarelor moderne au randamentul

de aproximativ 1%. Ne vom îndrepta atenţia asupra difuzorului cu un randament dublu, adică cu randamentul egal cu 2%. Pentru a crea presiunea acustică fixată de noi, difuzorul cu un asemenea randament trebuie să primească de la receptor aproximativ 150 microwaţi putere electrică.

Să presupunem că în receptor nu se produc nici un fel de pierderi şi că el transmite integral difuzorului puterea primită de la antenă. Valoarea maximă a puterii pe care antena de recepţie poate să o transmită receptorului este după cum urmează:

$$\frac{(\text{intensitatea cîmpului} \times \text{înălţimea efectivă a antenei})^2}{4 \times \text{rezistenţa de pierderi în circuitul antenei}}$$

Vom alege o antenă bună cu înălţimea efectivă de 10 m şi — respectiv — cu o bună priză de pămînt. Calculul arată că o asemenea antenă poate să transmită receptorului 150 microwaţi doar atunci cînd intensitatea cîmpului postului recepţionat va fi de cel puţin 10...12 milivolţi pe metru.

Aceasta este o intensitate foarte mare a cîmpului. O asemenea intensitate poate avea loc doar în vecinătatea imediată a posturilor de emisie puternice, de exemplu, la distanţă de cîţiva kilometri. În mod normal receptorul capătă de la antenă o putere care este de zeci şi sute de ori mai mică. Teoria şi practica arată că în cazul cînd receptorul cu galenă dă o bună recepţie în căşti, puterea pe care o primeşte de la antenă abia atinge un microwatt, adică este de 150 ori mai mică decît este necesar pentru o recepţie slabă în difuzor, cu condiţia lipsei totale a pierderilor în receptor. Puterea obţinută efectiv de către receptorul cu galenă din antenă este insuficientă pentru crearea presiunii acustice necesare, chiar dacă randamentul difuzorului este de 100%, adică atunci cînd întreaga energie culeasă de antenă va fi transformată în sunet, fără nici un fel de pierderi. În afară de aceasta, trebuie să se menţioneze că toate aceste calcule s-au executat pentru cazul optim, pentru semnalele cu adîncimea de modulaţie de 100%.

Aceasta este situaţia cu „bilanţul energetic" al receptorului de radio cu cristal detector. Energia obţinută de receptor din antenă este insuficientă pentru recepţia minimă satisfăcătoare în difuzor, cu excepţia poate a cazurilor de recepţie în imediata vecinătate a postului de emisie, chiar dacă întreaga energie obţinută este transformată în sunet.

De aceea radioamatorii trebuie să nu-şi dirijeze inventivitatea spre „stoarcerea" din receptorul cu galenă a ceea ce el nu poate să dea, ci asupra construirii unor amplificatoare cît mai economice, în special a celor fără tuburi, de exemplu, magnetice, cu cristal etc. Tehnica de astăzi prezintă mari posibilităţi în acest sens.

De pe acum se pot construi receptoare foarte reduse ca dimensiuni şi extrem de economice, pe bază de tranzistoare. Bateriile atomice pot face în viitorul apropiat să dispară grija alimentării unui asemenea receptor.

Detecția în CONTRATIMP

Una dintre soluțiile posibile pentru mărirea tăriei cu care funcționează un receptor cu galenă și chiar de obținere a unei recepții în difuzor se consideră uneori folosirea detecției în contratimp. Ideea utilizării detecției în contratimp atrăgea și continuă să atragă atenția miilor de radioamatori.

Această idee este stimulată de avantajele indiscutabile pe care le dă redresarea ambelor alternanțe în comparație cu redresarea unei singure alternanțe.

Analogia cu redresorul pentru redresarea ambelor alternanțe dezvăluie o perspectivă extraordinar de tentantă de a utiliza alternanța „care dispare" a curenților de audiofrecvență „tăiată" de detectorul simplu.

Poate oare să dea rezultate bune aplicarea detecției în contratimp?

În primul rînd să privim schema care se propune de obicei pentru receptorul cu galenă în contratimp și care este prezentată în titlu. În ceea ce privește concepția sa, acest montaj copiază montajul redresorului pentru redresarea ambelor alternanțe. Poate oare să dea acest montaj o creștere oarecare a tăriei în comparație cu montajul obișnuit?

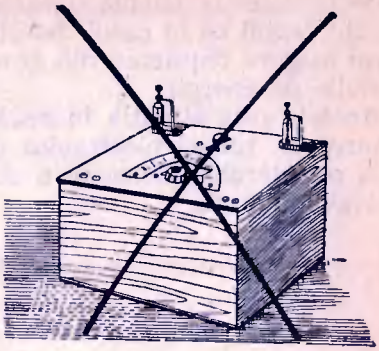
Desigur că nu. La capetele circuitului oscilant se dezvoltă o anumită tensiune de înaltă frecvență. În receptoarele cu galenă obișnuite întreaga această tensiune se transmite în circuitul detector, legat în derivație cu bobina circuitului. În cazul redresării în contratimp, cir-

cuitul detector este conectat pe durata fiecărei alternanţe doar la jumătate din spirele bobinei şi, natural, primeşte doar jumătate din tensiune. Este clar că două jumătăţi nu pot fi mai mari ca un întreg şi de aceea nu ne putem aştepta la rezultate bune de la un asemenea montaj.

Desigur însă chestiunea nu se reduce numai la un montaj nereuşit. Se pot imagina multe montaje în care acest obstacol va fi în aparenţă depăşit. De exemplu, se poate conecta circuitul detector în contratimp la o bobină cu un număr dublu de spire cuplate inductiv cu bobina circuitului oscilant. Se pot imagina o mulţime de montaje variate, însă ele nu vor da rezultate, întrucît aici nu este vorba de montaj, ci de cauze mult mai profunde cu caracter energetic.

Procesele care se produc la detectarea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă nu se pot asimila perfect cu redresarea curentului alternativ în reţelele de forţă. La redresarea curentului alternativ noi dispunem de o sursă cu o putere practic nelimitată — reţeaua de iluminat. Schema redresării ne permite să folosim cu grade diferite de eficacitate, veriga care face legătura între redresor şi reţea şi anume transformatorul de putere. În cazul întregii perioade, dacă redresarea se face numai pentru o singură alternanţă — el funcţionează o jumătate de perioadă în gol şi energia pe care ar putea s-o transmită în acest timp rămîne neutilizată.

Alte relaţii au loc la detecţie. Pentru îmbunătăţirea funcţionării căştii este necesar să se transmită din antenă în circuitul de detecţie o putere cît mai mare. Puterea pe care poate să o dea însă antena este limitată şi, în fiecare caz în parte, nu poate să depăşească o anumită valoare limită. Puterea maximă se va transmite atunci cînd impedanţa introdusă în antenă este egală cu impedanţa caracteristică (condiţia de transfer a puterii maxime, obişnuită pentru toate cazurile — impedanţa de sarcină este egală cu impedanţa sursei). În special, după cum s-a mai indicat, puterea maximă primită din antenă P_{max} nu poate să depăşească mărimea $\frac{E^2}{4R_a}$, în



care E este forța electromotoare produsă de semnal în antenă și este egală ca valoare cu produsul dintre intensitatea cîmpului și înălțimea efectivă a antenei, iar R_a este rezistența antenei.

În cazul detecției simple, energia este preluată din antenă în circuitul detector numai în cursul unei singure alternanțe, însă și rezistența care caracterizează consumul de energie, se va introduce în antenă, de asemenea numai în decursul unei singure alternanțe. Prin urmare, cuplajul dintre circuitul detector și circuitul oscilant, și circuitul oscilant și antenă, trebuie să se aleagă astfel, încît valoarea eficace a rezistenței introduse în acest timp să fie egală cu impedanța proprie a antenei; totodată trebuie să se aleagă valoarea rezistenței echivalente egală cu o rezistență care ar crea o sarcină normală pentru antenă în decursul a două alternanțe, mai mică decît valoarea eficace a rezistenței introduse. Exprimîndu-ne mai simplu, noi alegem în receptorul cu galenă un asemenea cuplaj între circuitul detector și circuitul oscilant, și între circuitul oscilant și antenă, pentru care în cursul unei alternanțe să se preia o putere egală ca valoare, cu puterea maximă pe care antena poate s-o debiteze în cursul unei perioade întregi. Dacă cuplajul este bine ales, noi preluăm de la antenă în cursul unei alternanțe puterea maximă posibilă a energiei semnalului existent. Dacă această preluare de energie se extinde asupra ambelor alternanțe, atunci energia preluată în cursul fiecărei alternanțe se va reduce în mod corespunzător.

De aceea, detecția în contratimp în receptorul cu galenă nu poate să dea nici un cîștig din motive cu caracter principial. Dacă însă în cursul experimentării se pare uneori că detecția în contratimp dă rezultate mai bune

decît detecția simplă aceasta se explică pur și simplu prin faptul că în cazul detecției simple, cuplajul existent nu asigura obținerea din antenă a cantității maxime posibile de energie.

Aceasta este situația în receptorul cu galenă. În receptorul cu tuburi electronice detecția în contratimp duce la o puternică reducere a sensibilității și de aceea este neavantajoasă.

Tensiunea ANODICA și TENSIUNEA la anod

Se poate oare considera că tensiunea anodică şi tensiunea la anod înseamnă acelaşi lucru?

Vorbind despre tensiunea anodică se subînţelege de obicei tensiunea sursei de alimentare a circuitelor anodice ale receptorului: a redresorului sau a bateriei. Tensiunea la anod se numeşte însă tensiunea care există în realitate între anodul şi catodul tubului.

În ce raport se află între ele aceste două tensiuni şi poate să fie oare tensiunea la anod mai mică decît tensiunea anodică, sau este egală cu ea sau chiar mai mare? Poate. În receptoarele în funcţiune, tensiunea la anodul tubului poate fi mai mică decît tensiunea sursei de alimentare anodică, poate avea aceeaşi valoare ca ea şi chiar poate să fie mai mare decît ea.

În mod normal, tensiunea la anod este mai mică decît tensiunea anodică. În circuitul anodic al tubului există totdeauna o sarcină oarecare prin care trece curentul anodic şi în care se produce o cădere de tensiune. În amplificatoarele cu rezistenţe, această cădere de tensiune poate fi foarte mare şi în conformitate cu aceasta, tensiunea la anod va fi foarte mică.

De exemplu, la tuburile de tip 6Г7 şi 6Г2 în cazul tensiunii anodice de 250 volţi, tensiunea la anod nu depăşeşte de obicei 100 volţi, iar la anozii tuburilor 6Ж7 din etajele de amplificare de joasă frecvenţă în montajele cu rezistenţe, adesea tensiunea la anod este doar de 50 ··· 70 volţi. Natural că la calculul amplificatoarelor

trebuie să ne ghidăm tocmai după aceste valori reale ale tensiunii la anod.

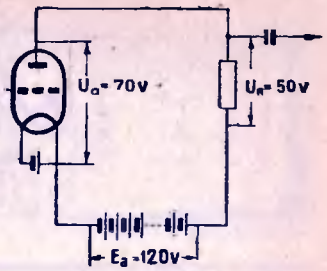
Mai rar tensiunea la anod poate fi egală cu tensiunea anodică. Ea este aproape egală cu tensiunea anodică în amplificatoarele de înaltă frecvenţă, unde drept sarcină anodică servesc circuitele oscilante. Rezistenţa bobinei circuitului oscilant în curent continuu este neînsemnată şi — de aceea — se poate neglija căderea de tensiune pe ea, considerînd că tensiunea la anod este egală cu tensiunea anodică.

O coincidenţă asemănătoare a ambelor valori ale tensiunii se poate produce şi în unele momente în amplificatoarele cu rezistenţe. Tensiunea de pe grila tubului variază în timpul funcţionării etajului. Împreună cu ea variază şi curentul anodic şi, prin urmare, şi căderea de tensiune pe sarcina anodică. Cînd grila este pozitivă, curentul anodic creşte, iar împreună cu el creşte şi căderea de tensiune pe sarcină, ceea ce duce la micşorarea tensiunii la anod. În timpul alternanţelor negative curentul anodic se micşorează, iar tensiunea la anod creşte. Dacă amplitudinea oscilaţiilor de pe grilă este atît de mare încît în timpul alternanţelor negative, curentul anodic scade pînă la zero, tensiunea la anod devine egală cu tensiunea sursei de alimentare.

Cele mai curioase par cazurile cînd tensiunea la anod depăşeşte tensiunea anodică. Asemenea cazuri sînt însă obişnuite în amplificatoarele cu sarcina anodică sub formă de transformatoare de joasă frecvenţă, sau bobine de şoc, în special în etajele finale unde sarcina este formată dintr-un transformator de ieşire. Cînd pe grilă se aplică tensiunea alternativă, curentul anodic începe să varieze în ritm cu frecvenţa semnalului: el ba se măreşte, ba se micşorează. Aceste oscilaţii vor provoca apariţia pe sarcină (pe bobinajul primar al transformatorului) a unei tensiuni alternative, necesară pentru a acţiona difuzorul.

Cînd lipseşte semnalul, tensiunea la anodul tubului final este aproape egală cu tensiunea anodică, întrucît căderea de tensiune în transformator este neînsemnată. Cînd există semnal, tensiunea alternativă ce se dezvoltă pe

bobinajul primar al transformatorului, se însumează cu tensiunea continuă a sursei de alimentare. În cursul unei alternanţe, aceste două tensiuni au acelaşi semn, iar în cursul celeilalte alternanţe ele au semne opuse. Prin urmare, în cursul unei alternanţe tensiunea la anod poate depăşi tensiunea anodică. Această depăşire poate fi în realitate foarte importantă, de exemplu, depăşiri cu 100...150 volţi nu constituie o raritate.



Cum se explică fizic apariţia acestei tensiuni suplimentare?

Sursa ei este forţa electromotoare de inducţie a bobinajului primar al transformatorului. În cursul alternanţelor pozitive ale tensiunii de la grila tubului, forţa electromotoare de inducţie se opune creşterii curentului — sensul ei este opus tensiunii sursei de alimentare anodică şi tensiunea reală de pe anod se micşorează. În cursul alternanţelor negative, forţa electromotoare de inducţie coincide ca semn cu tensiunea bateriei sau a redresorului şi se însumează cu aceasta.

Energia necesară pentru creearea forţei electromotoare suplimentare se înmagazinează în cîmpul magnetic creat în jurul bobinei transformatorului în timpul alternanţelor pozitive.

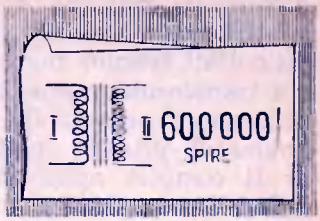
Cu ajutorul transformatoarelor se poate mări tensiunea alternativă.

Cum se poate utiliza în mod optim această capacitate a transformatorului în receptor? Nu ar putea deveni utilizarea transformatorului unul dintre mijloacele de a face să funcţioneze receptorul fără tuburi? Detectînd semnalul modulat recepţionat şi separînd din el tensiunea de audiofrecvenţă s-ar părea că se poate mări tensiunea lui de mai multe ori cu ajutorul transformatorului — pînă la o valoare suficientă pentru funcţionarea difuzorului.

Din păcate, din această intenţie nu se va obţine nimic, întrucît pentru funcţionarea difuzorului nu este necesară numai tensiunea, ci şi o anumită putere, iar transformatorul nu măreşte puterea; dimpotrivă, la transmiterea ei din circuitul primar în circuitul secundar, o parte din energie se pierde.

S-ar părea însă că acest obstacol poate fi îndepărtat. Unul dintre puţinele aparate a căror comandă se execută practic fără consum de putere, este tubul electronic. De aceea ne putem imagina un receptor cu redarea în difuzor, avînd un singur tub final. Tensiunea detectată se măreşte cu ajutorul transformatorului şi se aplică mai departe pe grila tubului de ieşire, în circuitul anodic al căruia se creează puterea necesară de audiofrecvenţă. Dacă receptorul recepţionează semnalele unui post auzit slab în căşti, după detector se capătă o tensiune de au-

diofrecvență de ordinul sutimilor de volt. Pentru ca tubul final al bateriei să funcționeze, pe grila lui trebuie să se aplice aproximativ 4 ··· 4,5 volți. Aceasta înseamnă că după detector trebuie să se mărească tensiunea de aproximativ 400 ··· 450 ori. S-ar părea că această problemă poate fi rezolvată foarte simplu cu ajutorul transformatorului: să bobinăm în bobinajul secundar de 400 ori mai multe spire decît în cel primar și vom obține tensiunea necesară.



În practică se dovedește însă că acest lucru nu este chiar atît de simplu. Pentru ca difuzorul să funcționeze bine, el trebuie să redea uniform toate frecvențele audio, adică tensiunea tuturor frecvențelor redate trebuie să fie amplificată la fel. În acest scop, bobinajul primar al transformatorului trebuie să posede o reactanță inductivă suficient de mare în raport cu frecvențele cele mai joase. Trebuie ca această reactanță să fie de 2—3 ori mai mare decît rezistența interioară a detectorului. Aceasta înseamnă că în bobinajul primar trebuie să fie suficient de multe spire: nu zeci și nici chiar sute, ci mii. În caz contrar, frecvențele joase se vor amplifica foarte slab. Pentru amplificarea mai mult sau mai puțin uniformă a frecvențelor audio joase (de la 80 ··· 100 pînă la 200 ··· 300 herți), în cazul unui miez de dimensiuni mijlocii (secțiunea 20×20) este necesar să existe în bobinajul primar 1 500 ··· 2 000 spire. Atunci în bobinajul secundar vor fi necesare 1 500 · 400 = 600 000 spire. Bobinarea unui asemenea număr de spire este practic imposibilă. Prin urmare nu se poate vorbi despre recepția în difuzor a posturilor slabe.

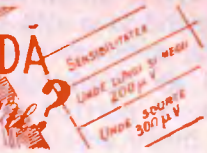
Chiar dacă ne limităm la recepția în difuzor numai a posturilor care se aud bine în cască și care creează la ieșirea detectorului o tensiune de 0,1 ··· 0,2 volți, pentru bobinajul secundar vor fi necesare aproximativ 40 000 spire — un număr de asemenea foarte puțin realizabil. Pentru a bobina numărul acesta de spire pe un miez de

dimensiuni mijlocii, ar fi necesar un conductor foarte subțire și executarea transformatorului ar fi legată de dificultăți tehnice mari.

Un transformator care s-ar putea fabrica în realitate cu dimensiuni acceptabile ar avea atît de puține spire în bobinajul primar, încît caracteristica lui de frecvență ar fi complet nesatisfăcătoare: frecvențele joase ar fi redate foarte prost și amplificarea ar crește tot mai mult la mărirea frecvenței. Acest fapt ar fi favorizat și de capacitatea proprie mare a bobinajului secundar. care ar provoca apariția rezonanței în circuitul secundar în domeniul frecvențelor superioare. Ca rezultat, caracteristica de frecvență ar avea o creștere și mai mare în acest domeniu.

Toate acestea duc la predominarea frecvențelor superioare, emisiunea constînd doar din țipete care acoperă toate celelalte sunete. Dacă se mai iau în considerare și pierderile în bobinajul secundar, va deveni clar că — cu toată simplitatea aparentă a măririi tensiunii cu ajutorul transformatorului — această problemă este însoțită, pentru banda de audiofrecvență, de dificultăți atît de mari, încît este mult mai simplu să se folosească în acest scop un amplificator cu unul sau cu două tuburi. Prin aceasta se explică faptul că, în receptoarele moderne problema amplificării frecvențelor joase se rezolvă tocmai în acest fel.

PE CE LUNGIME DE UNDĂ amplificarea este mai mare?



Studiind standardul pentru receptoarele de radiodifuziune, observăm că la receptoarele din clasa II şi III nu sînt identice normele de sensibilitate în diferite benzi. Pentru undele scurte se admite o sensibilitate mai mare decît pentru undele lungi şi medii. Măsurînd amplificarea etajului de înaltă frecvenţă în undele lungi şi scurte, vedem că amplificarea în undele scurte este într-adevăr mai mică. Prin urmare, normele standard reflectă corect starea lucrurilor: cu cît lungimea de undă este mai mică, cu atît este mai mică amplificarea etajului.

Să ne închipuim totuşi că am voi să verificăm acest lucru. Cum se poate face aceasta pentru a exclude posibilitatea erorilor? Evident că, pentru aceasta este cel mai bine să se măsoare amplificarea etajului la începutul şi la sfîrşitul unei anumite benzi, adică în situaţia cu undele mai lungi şi mai scurte. Prin aceasta noi excludem probabilitatea erorilor datorită neuniformităţii posibile a bobinelor din diferitele circuite oscilante. La ambele măsurări va participa aceeaşi bobină şi acelaşi condensator variabil.

Dacă vom efectua în realitate această experienţă, vom fi, probabil, foarte miraţi de rezultatul ei. Măsurările vor arăta că în partea benzii cu undele mai scurte, amplificarea este mai mare decît în partea undelor mai lungi.

Cum se explică oare aceasta? De ce între limitele unei benzi creşte amplificarea la scurtarea lungimii de undă, iar trecînd la o altă bandă mai scurtă amplificarea, dimpotrivă, se micşorează?

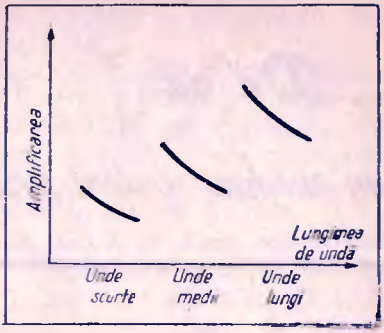
Etajul de amplificare de înaltă frecvenţă este format din două părţi principale: tubul şi circuitul oscilant. Care dintre aceste două părţi este „vinovată" de rezultatele încercărilor noastre?

Poate că tubul amplifică neuniform oscilaţiile de diferite frecvenţe? Nu, tubul nu are nimic cu toate acestea. Începînd de la frecvenţele audio cele mai scăzute şi terminînd cu frecvenţele corespunzătoare părţii afectate undelor scurte din banda de radiodifuziune, tubul se comportă identic.

Prin urmare, rămîne circuitul oscilant. Într-adevăr, vinovat pentru neînţelegerea de care ne-am ciocnit este circuitul oscilant.

Amplificarea etajului depinde de raportul dintre rezistenţa de sarcină şi rezistenţa interioară a tubului. Drept sarcină, în etajul de înaltă frecvenţă avem circuitul oscilant. Pentru ca amplificarea etajului, în diferitele benzi să fie identică, trebuie ca rezistenţa de rezonanţă a circuitelor în aceste benzi să fie de asemenea identică. Însă, dintr-o serie de cauze nu se reuşeşte să se respecte această condiţie. Problema constă în faptul că rezistenţa de rezonanţă a circuitului depinde de raportul dintre inductanţa şi capacitatea lui (de aşa numita impedanţă caracteristică a circuitului $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$), şi este cu atît mai mare cu cît este mai mare valoarea acestui raport. Capacitatea condensatorului variabil cu ajutorul căruia se acordează circuitele receptorului rămîne însă identică pe toate benzile şi datorită acestui fapt, inductanţa în undele scurte se ia mai mică decît pentru undele mai lungi. Ca rezultat, impedanţa de rezonanţă a circuitelor oscilante pentru undele scurte este mai mică decît pentru circuitele oscilante de unde medii şi lungi. De aceea şi amplificarea etajului este mai mică pentru undele scurte decît pentru cele medii şi lungi.

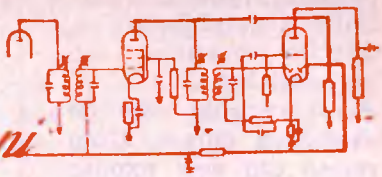
Dar cum rămîne cu experienţa noastră de variaţie a amplificării pe diferite porţiuni ale aceleiaşi benzi?



Acest rezultat este de asemenea corect. Cum reiese din cele expuse mai sus, impedanţa de rezonanţă a circuitului oscilant cu bobina respectivă va fi cu atît mai mare, cu cît este mai mică capacitatea lui. Scurtînd unda circuitului oscilant, noi îi micşorăm capacitatea (acordarea circuitelor noastre se execută cu ajutorul condensatoarelor variabile; inductanţa bobinei rămîne în acest timp constantă), de aceea în partea lungimilor de undă mai mici ale benzii, impedanţa de rezonanţă a circuitului oscilant este mai mare decît în partea lungimilor de undă mai mari şi deci, şi amplificarea etajului va fi mai mare.

Dar dacă noi am executa experienţa noastră cu un circuit oscilant în care acordul se realizează prin variaţia inductanţei, capacitatea rămînînd constantă? Este clar că experienţa noastră ar da rezultate opuse şi nu s-ar produce nici un fel de „neînţelegere".

De ce CAV nu produce distorsiuni



Funcţionarea controlului automat de volum (CAV) se bazează, după cum se ştie, pe faptul că tensiunea redresată de către detector se aplică cu polaritate negativă pe grilele tuburilor etajelor de amplificare de înaltă frecvenţă şi de medie frecvenţă. La creşterea tensiunii de pe detector se micşorează amplificarea acestor tuburi, iar la micşorarea tensiunii, amplificarea, dimpotrivă, creşte. Ca rezultat, tensiunea de ieşire a receptorului se menţine aproximativ constantă şi atunci cînd semnalele la intrarea lui au valori diferite.

Adesea se pune întrebarea: dacă CAV menţine constantă tensiunea la intrarea receptorului, cum de receptorul reproduce sunetele de diferite intensităţi, de exemplu, muzica orchestrei, care se caracterizează printr-o varietate largă de nuanţe şi intensităţi sonore. S-ar părea că sub acţiunea CAV, sunetele puternice se vor auzi mai slab decît ar fi necesar, iar sunetele slabe, dimpotrivă, mai tare decît este necesar şi imaginea artistică se va deforma.

În realitate CAV nu introduce asemenea distorsiuni. Aceasta se explică prin faptul că tensiunea de comandă se aplică pe tuburile regulatoare printr-un filtru special format dintr-o rezistenţă şi o capacitate. Rolul acestui filtru este de a reţine variaţiile de tensiune care se produc repede, cu frecvenţă acustică şi să treacă pe grilele tuburilor comandate doar variaţii lente de tensiune,

care se produc la atenuarea treptată a semnalelor, sau la trecerea de la un post pe altul.

Funcționarea unui asemenea filtru se caracterizează prin constanta de timp, prin care se înțelege timpul necesar pentru încărcarea sau descărcarea condensatorului filtrului C prin rezistența R, pînă la un nivel convențional oarecare. Aceasta va fi tocmai timpul necesar pentru ca tensiunea să varieze la ieșirea filtrului.

Valorile R și C ale filtrului CAV se aleg astfel încît constanta lui de timp să fie mai mare decît durata alternanței de frecvență audio cea mai scăzută. Dacă, de exemplu, constanta de timp a filtrului este de 0,2 secunde, aceasta înseamnă că o variație vizibilă a tensiunii CAV se poate produce pe grilele tuburilor după scurgerea cel puțin a 0,2 secunde. Însă, chiar și cea mai scăzută frecvență audio redată de către receptor (50 herți) are o perioadă de 10 ori mai mică ($^1/_{50} = 0{,}02$ secunde) și — prin urmare — tensiunea de această frecvență va fi incapabilă să modifice tensiunea de pe filtru.

De aceea, tensiunea CAV nu se va schimba sub acțiunea modulației de către frecvențele audio și va rămîne proporțională numai cu tensiunea frecvenței purtătoare a semnalului, adică cu intensitatea semnalului la intrarea receptorului.

Nu trebuie să cădem însă în cealaltă extremă, să facem constanta de timp a filtrului CAV foarte mare; atunci pentru variația tensiunii de comandă va fi necesar un timp prea mare și acțiunea CAV va întîrzia: tensiunea semnalului la intrare se va schimba, iar amplificarea va rămîne neschimbată. Prin urmare, la intrarea receptorului se va observa sau o dispariție a audiției sau creșterea ei excesivă.

Constanta de timp în secunde se exprimă ca produsul dintre R (exprimată în megohmi) și C (exprimată în microfarazi). Valorile cele mai uzuale ale acestor mărimi din circuitele CAV sînt: $R = 1$ megohm și $C = 0{,}1 \cdots 0{,}2$ microfarazi. Atunci constanta de timp este $1 \times (0{,}1 \cdots 0{,}2) = 0{,}1 \ldots 0{,}2$ secunde.

Benzi EXTINSE sau COMPRIMATE

Una dintre perfecţionările introduse în receptoarele de radiodifuziune moderne sînt aşa-numitele „benzi extinse" în undele scurte. Fiecare ascultător de radio ştie bine ce uşoară este acordarea în cadrul recepţiei pe aceste benzi „cu extensie"; ea nu este cu nimic mai dificilă ca pe undele medii sau lungi.

Aceasta se realizează prin conectarea în paralel şi în serie cu condensatorul variabil a unor condensatoare fixe, care micşorează brusc valoarea relativă a acoperirii frecvenţelor: o rotire completă a rotorului condensatorului nu mai face să varieze frecvenţa cu factorul 3, ca pe undele lungi şi medii, ci doar cu aproximativ factorul 1,1 adică doar cu 10%. O asemenea subgamă cuprinde doar unul dintre sectoarele repartizate în gama de unde scurte pentru radiodifuziune, de exemplu, subgama de 25 m, 40 m etc.

Trebuie să se spună că denumirea înrădăcinată puternic „bandă extinsă" este în fond greşită. Extinsă înseamnă mai largă, mai cuprinzătoare. Conform sensului acestui cuvînt limitele benzii extinse trebuie să fie mai mari decît pentru o bandă obişnuită, adică trebuie să se acopere frecvenţe mai multe decît pentru un factor de multiplicare 3, ca de obicei, de exemplu, cu un factor de 5 . . . 6. Noi avem însă în loc de o bandă lărgită, o bandă puternic restrînsă: limitele porţiunii acoperite sînt reduse aproape de 30 ori. În banda „extinsă" unda cea mai lungă depă-

şeşte unda cea mai scurtă doar de 1,1...1,2. Aceasta înseamnă că banda nu este extinsă, ci mai degrabă comprimată, restrînsă puternic. Ca rezultat însă al acestei comprimări s-a extins puternic porţiunea mică care era ocupată de ea pe scală. De aceea, ar fi mai corect să se denumească această perfecţionare „scală extinsă", ceea ce corespunde mai mult cu realitatea.

SCALA *de briliant*

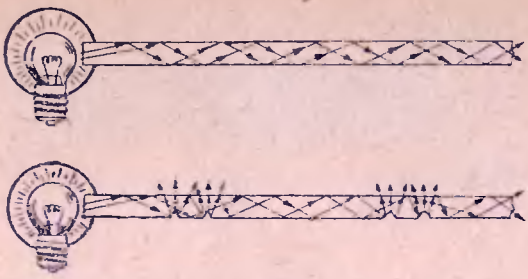
În fața voastră se află receptorul „Mir". Scala lui este formată din șipci lungi, verticale din plexiglas, este aproape transparentă și se distinge foarte slab pe fondul țesăturii decorative.

Ați întors butonul prin care receptorul se pune în funcțiune, și scala s-a umplut de lumină. S-a umplut tocmai și nu s-a iluminat pur și simplu. Se vede clar cum șipcile de înrămare a scalei, exală din interior o lumină galbenă slabă, iar șipca benzii în funcțiune — o lumină verde. Pe fondul acestei luminozități slabe scînteiază puternic cifrele și diviziunile. Scala atît de puțin aspectoasă cînd receptorul nu funcționa a devenit dintr-o dată extraordinar de frumoasă.

Mulți dintre cei ce au văzut pentru prima dacă scala receptorului „Mir" întreabă: ce reprezintă asta oare — un fel de tuburi cu neon?

Piețile și parcurile Moscovei și ale altor orașe sînt înfrumusețate de fîntîni arteziene frumoase. Pe înserat și noaptea ele apar feeric. O mulțime de jeturi de apă luminoase se avîntă în sus și se împrăștie în stropi strălucitori. Culoarea jeturilor nu rămîne constantă. Jeturile roșii sînt înlocuite de altele albastre, galbene, verzi... privelișteа minunată a fîntînilor arteziene luminoase atrage în permanență privirile celor care se plimbă.

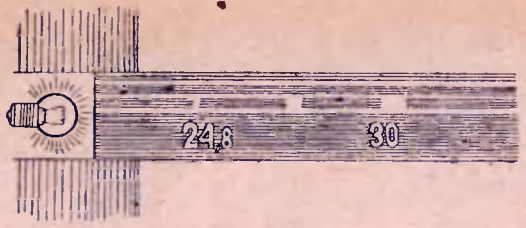
Cauza iluminării jeturilor de apă este clară pentru toți. Becuri electrice sînt montate în interiorul fîntînii arte-



ziene şi lumina lor pătrunde prin aceleaşi orificii prin care este proiectată apa. De aceea jeturile sînt luminate din interior. Însă ce face ca lumina care se propagă, după cîte ştim, în linie dreaptă, să urmărească toate încovoierile jetului?

În optică există legea aşa-numitei reflexii interioare totale. Ea se referă la cazul trecerii fasciculelor de lumină prin limita de separaţie a două medii cu densitate optică diferită (cu cît este mai mare densitatea optică a mediului, cu atît lumina se propagă mai lent). Conform acestei legi, lumina care se propagă într-un mediu oarecare poate să treacă prin limita de separaţie dintre acest mediu şi mediul cu o densitate optică mai mică, doar în cazul cînd ea este incidentă pe această limită sub un unghi mai mare de o anumită valoare şi care poartă denumirea de unghi „critic". Dacă unghiul de incidenţă este mai mic decît acest unghi critic, lumina se reflectă integral de limita de separaţie şi nu iese în afara limitelor mediului „ei". Pentru sticlă, de exemplu, unghiul de reflexie totală interioară este de 42°.

Densitatea optică a apei este mai mare decît densitatea aerului. Lumina care pătrunde de la bec în jetul de apă al fîntînii arteziene, cade pe limita de separaţie dintre jetul de apă şi aerul înconjurător sub un unghiu mult mai mic decît unghiul critic şi de aceea ea se reflectă din nou înspre interiorul jetului. Astfel, suferind reflexii repetate, ea trece de-a lungul întregului jet, ieşind în afară numai acolo unde jetul se sparge în stropi, luminîndu-l.



Raza de încovoiere a jeturilor este totdeauna suficient de mare şi unghiul de incidenţă al razelor luminoase pe limita de separaţie nu depăşeşte niciodată unghiul critic. Dar de ce oare noi vedem totuşi că jetul este luminos? Noi vedem lumina întrucît ea iese totuşi într-o cantitate mică în afara jetului, datorită unei anumite dispersii în apă din cauza incompletei ei transparenţe şi deoarece suprafaţa jetului este încreţită sub influenţa curenţilor turbionari. În aceste locuri unghiul de incidenţă este suficient pentru ieşirea luminii în afară.

Pentru iluminarea scalei receptorului „Mir" şi a unui şir de alte aparate, de exemplu, a receptorului „Vostok", a aparatului de radio cu pick-up „Riga" şi a televizorului „Sever", se foloseşte acelaşi principiu de reflexie interioară totală. La iluminarea şipcilor de plexiglas de la capăt, lumina cade pe suprafeţele de separaţie plexiglas — aer sub un unghi mai mic decît unghiul critic şi este reflectată. Luminozitatea slabă a şipcii se explică prin faptul că suprafaţa ei nu are o netezime ideală. Pe ea există milioane de zgîrieturi extrem de fine. Pe pereţii acestor zgîrieturi lumina din interior pătrunde sub unghiuri suficiente pentru a ieşi în afară.

Diviziunile şi cifrele scalei, executate în şipcă, constituie în fond tot zgîrieturi, însă ceva mai adînci. Razele de lumină propagîndu-se în corpul şipcii întîlnesc muchiile diviziunilor şi cifrelor, executate sub un astfel de unghi, încît se reflectă spre partea opusă a şipcii, cad pe ea sub un unghi mai mare decît unghiul critic, ies în afară şi aici nimeresc în ochiul nostru. Ca rezultat, noi vedem mu-

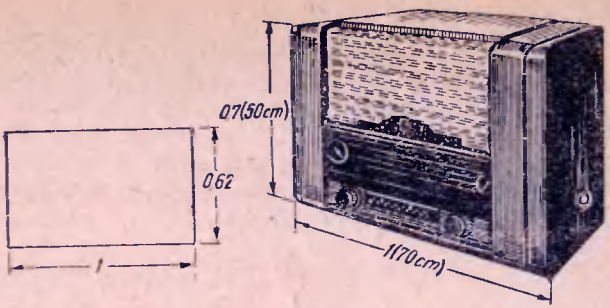
chiile puternic luminate ale diviziunilor, care se detaşează clar pe fondul luminozităţii generale slabe a scalei.
Primele scale de acest tip pentru frumuseţea luminozităţii lor au căpătat denumirea de scale de briliant.
Dar cum se face colorarea luminozităţii scalei într-o culoare oarecare? Aceasta se face foarte simplu — capătul şipcii scalei se vopseşte în culoare corespunzătoare şi astfel întreaga scală se umple de lumină de această culoare.

EXECUȚIA

Orizontală și verticală

Să ne amintim de receptoarele sovietice dinainte de război: SVD, ȚRL, 6N-1, SI-235 etc. Ele toate sînt identice în ceea ce privește execuția lor verticală. Deasupra șasiului acestor receptoare era situată scala, iar deasupra scalei era situat difuzorul. Înălțimea acestui receptor era mult mai mare decît lățimea. Asemenea construcții se numesc verticale.

Dar deja în anii antebelici, radioamatorii au început să construiască receptoare de execuție orizontală. Primul receptor de acest tip a fost RF-1. După război și industria a trecut la construcții orizontale, caracteristice prin faptul că difuzorul lor nu mai este așezat deasupra scalei, ci alături de ea, și din această cauză receptorul este întins pe orizontală. Lățimea unui asemenea receptor depășește mult înălțimea. Receptoarele sovietice „Baltika", „Rekord", „Moskvici". „Punane-Ret". „Ural" și multe altele pot să servească drept exemple de execuție „orizontală". Ce este asta, pur și simplu „o modă" sau trecerea la construcții orizontale se explică prin cauze mai importante? Nu se poate afirma că în ce privește execuția receptoarelor de radio nu joacă nici un rol moda, însă în cazul de față au jucat un rol și alte considerente. Pe măsura perfecționării receptoarelor de radio s-a acordat tot mai multă atenție comodității manevrării, adică măririi „confortabilității" receptorului. În această privință prezintă o mare importanță dimensiunile scalei. Cu cît este mai mare scala, cu atît folosirea ei este mai comodă. Scalele mari,



bine iluminate, au servit de asemenea în mare măsură la ameliorarea aspectului exterior al receptorului, înfrumusețîndu-l. Scalele mari ocupă însă mult loc atît în înălțime cît și în lățime. Difuzorul nu mai poate fi amplasat deasupra unei asemenea scale, căci astfel receptorul ar fi lungit în sus în mod dizgrațios.

O ieșire din această situație a constat în amplasarea difuzorului alături de scală. O asemenea construcție a permis să se găsească forme comode și reușite din punct de vedere arhitectural pentru receptoare: o jumătate a părții frontale a receptorului este ocupată de scală, iar pe cealaltă se află un orificiu îmbrăcat în pînză, pentru difuzor. În unele cazuri însă, cînd șasiul receptorului are dimensiuni prea mari, adică este prea lung, o asemenea amplasare a scalei și difuzorului este incomodă — receptorul fiind prea jos și prea lung. Experiența a arătat, că pentru ochii noștri este mai plăcut un dreptunghi cu raportul laturilor 1 : 0,62 (așa numitul raport de „aur" al laturilor). Pentru a respecta acest raport este necesar să se execute o scală îngustă și lungă, așezînd difuzorul deasupra ei. Asemenea șasie lungi au receptoarele cu multe tuburi, făcînd parte mai ales din clasa I. Execuții de acest gen au, de exemplu, receptoarele „Minsk-55", „Belarus-53", „Okteabr" și o serie de alte aparate.

Din punct de vedere al acusticii, forma cutiei nu are o importanță fundamentală. Pentru calitatea sunetului emis nu este atît de importantă forma pe cît este volumul. Pentru redarea frecvențelor joase, cutia receptorului tre-

buie să fie mare. Într-o cutie mică nu se poate obține un volum suficient al „basilor". De aceea, toate receptoarele din clasa I, la a căror construcție se acordă o deosebită importanță calității redării, au cutii mari și grele. În asemenea cutii amplasarea scalei și difuzoarelor (care sînt de obicei în număr de două) este determinată de considerente pur arhitecturale, deoarece dimensiunile mari ale cutiei permit amplasarea scalei în orice fel.

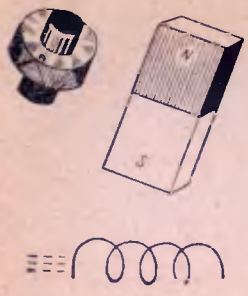
BASTONAȘUL magic

În fața voastră este un receptor cu aspect obișnuit. El funcționează și, după cît se pare, este acordat pe unul dintre posturile locale. Proprietarul receptorului stă alături și zîmbind misterios vă spune că bastonașul pe care îl ține în mînă este magic. Spre a dovedi aceasta el apropie bastonașul lui de receptor și postul pe care pînă atunci l-ați auzit bine, dispare. O mișcare insezisabilă a bastonașului și iată că auziți un post cu totul diferit. Încă o mișcare și acest post este înlocuit prin altul. Continuînd să dirijeze cu bastonașul lui „magic", proprietarul receptorului vă permite să faceți o plimbare în eter, să audiați o serie de posturi în banda undelor medii și lungi.

Ceea ce v-am povestit acum, nu este de domeniul imaginației. Acordarea de acest fel se poate realiza folosind în receptor o bobină cu miezul din material feromagnetic nou, denumit ferit, și introducînd în „bastonașul magic" un mic magnet permanent sub formă de bară.

Miezurile din ferit posedă o permeabilitate magnetică foarte ridicată care la unele calități din acest material atinge cifra de 1000 și mai mult. Aceasta înseamnă că la o bobină executată pe un astfel de miez, inductanța va fi de 100 ori mai mare decît la aceeași bobină fără miez.

Dar nu numai atît. Permeabilitatea magnetică a feritului ca și a oricărui alt material feromagnetic nu este o mărime constantă; ea depinde de intensitatea cîmpului magnetic în care se află miezul, de valoarea fluxului magne-



tic care îl străbate. Cifrele permeabilității magnetice, menționate mai sus, se referă la cazul cînd miezul din ferit nu se află în cîmpul magnetic, adică atunci cînd fluxul magnetic prin el este egal cu zero. Dacă acest miez se introduce în cîmpul magnetic, permeabilitatea lui se micșorează; această micșorare va fi cu atît mai mare cu cît este mai intens cîmpul magnetic.

Într-un cîmp foarte puternic, cînd se produce saturarea magnetică totală a miezului, permeabilitatea lui magnetică devine egală cu unitatea, adică devine egală cu permeabilitatea magnetică a aerului.

Concomitent cu variația permeabilității magnetice, variază însă în aceeași măsură și inductanța bobinei executate pe acest miez. Astfel, prin variația cîmpului magnetic care înconjoară bobina se poate varia inductanța și deci, în același timp, și acordul circuitului oscilant din care face parte bobina.

Acest procedeu nu este nou; el se folosește în tehnica curenților tari, unde variind curentul de polarizare, se reglează în limitele necesare reactanța bobinelor de reactanță cu miez de oțel. Unul dintre exemplele de aplicare a saturației magnetice poate fi considerat stabilizatorul de tensiune cu ferorezonanță, în montajul căruia intră o bobină de șoc cu miez saturat. Același principiu se folosește în amplificatoarele magnetice (transductoare). În cazul miezurilor de înaltă frecvență din ferocart (alsifer, magnetită și fier carbonil) el se folosește rar, deoarece permeabilitatea inițială a acestor miezuri este relativ redusă și la miezurile de forma obișnuită nu depășește 10. Variațiile permeabilității în cîmpul magnetic, datorită particularităților structurii acestor miezuri, sînt de asemenea relativ neînsemnate. Pentru a obține variații vizibile ale permeabilității este necesar să se introducă miezul între polii unui electromagnet destul de puternic.

Alta este situația la feriți: datorită permeabilității lor inițiale mari, se reușește să se obțină variații im-

portante ale valorii lor într-un cîmp magnetic relativ slab. Pentru a acoperi întreaga gamă a undelor medii și lungi (200···2000 m), trebuie să existe posibilitatea de a varia frecvența circuitelor oscilante cu un factor egal cu 10. Pentru aceasta inductanța trebuie modificată cu 10^2, adică de 100 ori. O asemenea variație a permeabilității miezului de ferit este însă pe deplin realizabilă; ea se poate obține în cîmpul creat de un magnet permanent de dimensiuni reduse. Tocmai această acțiune a avut-o bastonașul „magic" sau mai bine zis magnetic. Apropiind magnetul existent în el mai aproape de bobină, am amplificat cîmpul magnetic care cuprindea miezul și prin aceasta i-am micșorat permeabilitatea și inductanța bobinei. Inductanța maximă s-a obținut cînd bastonașul era departe, iar inductanța minimă — cînd el era aproape de bobină. Acordarea cu ajutorul cîmpului magnetic are o serie de avantaje: mecanismul acordării se simplifică, nu sînt necesare condensatoare variabile, din montaj se exclud contactele în frecare, se micșorează numărul de bobine întrucît nu este necesară împărțirea în două benzi, nu este necesar schimbătorul de unde etc.

Feriții au deocamdată însă neajunsuri importante și în special o dependență accentuată a permeabilității magnetice de temperatură. Aceasta înseamnă că inductanța bobinei cu un astfel de miez va varia destul de puternic la oscilații ale temperaturii și receptorul se va dezacorda de la sine.

Lucrările privind îmbunătățirea feriților continuă și se poate prevedea că receptoarele cu acord „magnetic", vor înceta în curînd să mai fie o curiozitate tehnică și vor căpăta o largă răspîndire.

Capacitatea feriților de a-și schimba brusc permeabilitatea magnetică sub acțiunea variațiilor cîmpului magnetic se poate folosi nu numai pentru acord „magnetic". Această particularitate a feriților permite să se realizeze în mod simplu, cu ajutorul lor, instalații care fiind executate prin alte procedee sînt destul de complicate. Astfel, de exemplu, miezurile cu feriți permit să se simplifice mult construcția unor elemente ale mașinilor electronice de calcul și a altor aparate.

Ecranată

Ce trebuie să se facă pentru a se elimina acţiunea electrică asupra conductoarelor sau a diferitor piese?

Fiecare radioamator ştie că piesele sau conductoarele trebuie să se ecraneze. Noi ecranăm bobine şi circuite oscilante întregi, ecranăm tuburile, metalizînd baloanele lor, introducem ecrane în interiorul tuburilor. În sfîrşit, ecranăm coborîrile antenelor în cazurile cînd nu vrem ca această coborîre să participe la recepţie.

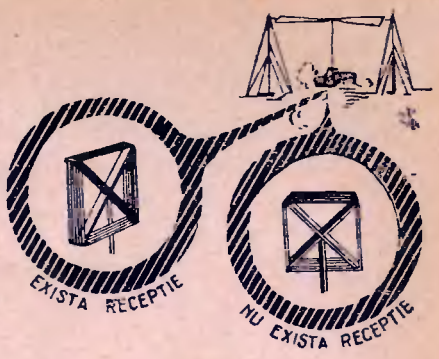
Dar iată că acum cîţiva ani au apărut în comerţ receptoare de radio cu . . . cadru ecranat situat în interiorul cutiei receptorului. Aşa a fost executat, de exemplu, receptorul din clasa II „Elektrosignal-2". Spirele cadrelor acestui receptor sînt cuprinse într-o împletitură metalică legată la pămînt, avînd o tăietură îngustă într-un singur loc. Aceleaşi cadre ecranate cu ecran de ţeavă de cupru masiv se folosesc în radio-navigaţie.

Cum funcţionează cadrul?

Antenele de emisie se situează de obicei vertical şi creează un cîmp electromagnetic la care componenta electrică este îndreptată vertical, iar cea magnetică — orizontal. Aceasta înseamnă că între oricare două puncte aflate la înălţime diferită, acest cîmp creează o tensiune, cu atît mai mare cu cît este mai mare diferenţa de înălţime.

Cadrul de recepţie se aşază în plan vertical şi, de aceea, în acele părţi ale spirelor lui, care vor fi în acest caz si-

tuate vertical se va induce o forţă electromotoare. Dacă cadrul va fi îndreptat cu planul lui spre postul de emisie, în ambele lui părţi verticale se vor induce forţe electromotoare perfect identice, însă în opoziţie, care se anihilează reciproc. Dar dacă cadrul este îndreptat cu latura lui înspre postul de emisie, laturile anterioară şi posterioară ale spirelor se vor afla la o distanţă neegală de post, latura anterioară fiind mai aproape de el. Această diferenţă între distanţe va duce la faptul că fazele forţelor electromotoare induse în laturile anterioară şi posterioară ale spirelor cadrului vor fi oarecum diferite şi forţele electromotoare induse nu se anihilează reciproc. Diferenţa rămasă constituie tocmai tensiunea semnalului care se poate folosi pentru recepţie.



Dacă cadrul se ecranează printr-o ţeavă, împletitură sau spirală de cupru (secţiunea transversală a acestei ţevi sau împletituri nu are influenţă asupra acţiunii ei de ecranare), un asemenea ecran va elimina complet acţiunea cîmpului electric al emiţătorului asupra spirelor cadrului şi nici un fel de forţă electromotoare nu se va induce în ele. Recepţia cu un astfel de cadru ar fi imposibilă dacă... cîmpul electromagnetic ar avea numai componenta electrică. El mai are însă şi o componentă magnetică, care trece nestînjenită prin ecranul de cupru şi care acţionează asupra spirelor cadrului. Tăietura în ecran preîntîmpină apariţia în acesta a curenţilor turbionari, care ar fi excitaţi de componenta magnetică a cîmpului. O dată ce în ecran nu există curenţi, nu există nici cîmp magnetic de opoziţie creat de el. De aceea, un asemenea ecran este complet neutru în raport cu cîmpul magnetic — el nu-l reţine şi nici nu-l deformează.

Datorită acestei particularități, cadrul ecranat are o proprietate foarte prețioasă și anume capacitatea de a slăbi perturbațiile radio, create de diferite instalații electrice. Aceste perturbații sînt create în majoritatea cazurilor tocmai de cîmpul electric al sursei de perturbații, cîmpul lui magnetic fiind mult mai slab și raza de acțiune foarte mică.

Antena cu miez

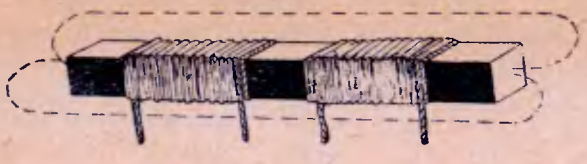
Ne-am obișnuit cu miezurile existente la transformatoare, bobine de șoc, bobine de acord. Dar cum se poate „introduce" miezul în antenă?

Desigur, este dificil să se introducă miezul în antena exterioară, dar nimic nu ne poate împiedica să bobinăm conductorul de antenă pe un miez lung, care are formă de vergea sau bară. Acest miez trebuie să fie confecționat dintr-un material magnetodielectric (material magnetic de înaltă frecvență) cu o permeabilitate magnetică mare, de exemplu, fier-carbonil, material din care se execută și miezurile pentru bobinele de acord sau — și mai bine — din ferită.

De ce în bobinajul secundar al transformatorului, bobinat separat de bobinajul primar, pe un miez comun, se induce o forță electromotoare? Deoarece în miezul pe care este bobinat bobinajul secundar apare un cîmp magnetic alternativ. De fiecare dată cînd cîmpul magnetic din interiorul spirei suportă o schimbare, în spiră se excită o forță electromotoare.

Materialele feromagnetice sînt remarcabile prin faptul că dacă ele se introduc în cîmpul magnetic, în interiorul lor se creează un cîmp magnetic mult mai puternic decît în spațiul înconjurător.

Aceste două premize se folosesc tocmai pentru crearea antenei magnetice pe care în titlu am denumit-o antenă cu miez. Postul de emisie creează un cîmp electromagnetic variabil: pe noi ne interesează în cazul de față com-



ponenta lui magnetică. Cîmpul magnetic este îndreptat orizontal (v. capitolul precedent). Dacă în acest cîmp magnetic se introduce un material feromagnetic, cîmpul magnetic din interiorul lui va fi mult mai puternic. Acest cîmp este variabil. Dacă pe acest material feromagnetic vom înfăşura un număr de spire, întrucît în interiorul lor se va afla un cîmp magnetic variabil, în ele se va induce o forţă electromotoare corespunzătoare. Natural că dacă miezul este executat sub formă de bară, fluxul magnetic cel mai puternic va apare în el cînd direcţia barei coincide cu direcţia liniilor magnetice de forţă ale cîmpului; cu alte cuvinte, atunci cînd axa miezului este situată perpendicular pe direcţia spre postul recepţionat. Antena magnetică posedă, de aceea, o acţiune direcţională: ea recepţionează cel mai bine cînd direcţia miezului ei este perpendiculară pe direcţia spre post. Cu cît este mai mare inducţia magnetică a materialului miezului, cu atît va fi mai puternic cîmpul magnetic din interiorul lui. Materialele moderne posedă o permeabilitate magnetică mare (de ordinul cîtorva sute şi chiar mii) şi de aceea miezurile din ele se pot executa cu secţiunea doar de 3...5 cm^2. Asemenea miezuri asigură pe deplin un flux magnetic suficient în interiorul spirelor antenei. De aceea, dimensiunile antenei magnetice sînt reduse; lungimea lor pentru banda de radiodifuziune este doar de 20...30 cm.

Antenele cadru şi magnetică sînt identice atît ca proprietăţi generale cît şi în ceea ce priveşte comportarea faţă de cîmpul magnetic. In privinţa orientării, ele sînt în fond tot identice. Pentru a recepţiona cu o antenă cadru este necesar ca planul spirei ei să coincidă cu direcţia spre postul de emisie. Iar pentru a recepţiona cu o antenă

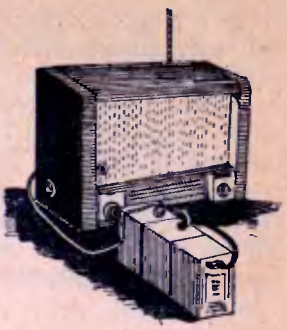
magnetică, ea trebuie așezată astfel încît axa miezului să fie perpendiculară pe această direcție; în acest caz, însă, planul spirelor va fi dirijat tocmai spre post.
Trebuie să menționăm că acțiunea dirijată a antenelor cadru și magnetică poate fi dezvăluită pe deplin doar în cazul recepției dintr-un loc degajat. În cameră obiectele metalice servesc drept radiatoare secundare și recepția se obține dacă antena se orientează spre ele.

Aproape fiecare receptor are a clemă sau o bornă marcată cu semnul „*pămînt*". La acest punct al montajului trebuie să se lege priza de pămînt. Acum cînd radio-ul a intrat în viaţa de toate zilele, noi ne-am obişnuit să umblăm cu receptorul destul de nedelicat şi nu îndeplinim totdeauna tot ceea ce se prescrie prin instrucţiuni. Adesea, de exemplu, se lasă receptorul fără priză de pămînt, fără a ne gîndi de loc de ce receptorul funcţionează fără ea. În primii ani însă, ai dezvoltării radioamatorismului, cînd receptorului i se acorda foarte multă consideraţie şi se considera obligatorie îndeplinirea tuturor indicaţiilor de utilizare, nu provoca nici un fel de îndoială necesitatea racordării la receptor a „pămîntului". Iar în multe minţi cercetătoare apărea o întrebare perfect naturală: cum să fie „pămîntul" acolo unde el lipseşte complet, pe vapor, în avion, sau în automobil? În revistele de amatori apăreau chiar şi reţete glumeţe — să se completeze instalaţia de radio din avion cu pămînt, fie chiar şi într-un ghiveci de flori.

Intr-adevăr, cît de necesară este priza de pămînt într-un receptor?

Priza de pămînt constituie o parte obligatorie a instalaţiei de antenă. Între antenă şi pămînt se formează o capacitate fără de care este imposibilă funcţionarea circuitului oscilant deschis cum este circuitul cu o contragreutate — un sistem de conductoare situate sub antenă şi izolate în raport cu pămîntul. Un astfel de

sistem este însă foarte complicat şi se foloseşte, de obicei, numai în posturile de emisie şi în centrele de recepţie speciale.



Afară de aceasta, de calitatea prizei de pământ depind în mare măsură eficacitatea antenei şi cantitatea de energie pe care ea poate să o transmită receptorului. Prin aceasta se explică atenţia care se acordă amenajării prizei de pământ pentru receptoarele cu cristal detector, unde antena este unica sursă de energie folosită. Pentru receptoarele cu tuburi, care dispun de posibilitatea amplificării enorme a semnalelor recepţionate, eficacitatea antenei a încetat să mai aibă un rol de o importanţă oarecare. Adeseori, ele — în general — nu au o antenă exterioară şi funcţionează bine cu o bucată mică de sîrmă întinsă în cameră. Principiul de funcţionare al antenei nu s-a schimbat însă din această cauză: ea formează un circuit oscilant deschis, care trebuie să conţină în mod obligatoriu o capacitate. Asemenea capacitate există însă şi fără o priză de pământ specială — aceasta este capacitatea între conductorul antenei, pe de o parte, şi, de pe altă parte — şasiul receptorului, bateriile de alimentare sau reţeaua de iluminat, cu care este legat receptorul prin transformatorul de reţea.

Şasiul, bateriile şi reţeaua de iluminat îndeplinesc funcţiile de contragreutate.

Conectarea unei prize de pământ bune ameliorează totdeauna funcţionarea circuitului de antenă. De aceea la recepţia posturilor îndepărtate cu un receptor cu tuburi de mică sensibilitate, o bună priză de pământ ameliorează mult recepţia.

În unele cazuri conectarea prizei de pământ este utilă şi în altă privinţă — ea poate să reducă zgomotul de fond şi perturbaţiile la ieşirea receptorului.

Se întîmplă însă să se iveaască şi alte cazuri, căci pentru unele receptoare la reţea este în general categoric interzisă conectarea prizei de pământ. Aceasta se referă la receptoa-

rele care se conectează direct la rețea, fără transformator sau prin autotransformator. La aceste receptoare șasiul este legat direct la unul dintre conductoarele rețelei, care în majoritatea cazurilor este pus la pămînt. Dacă se întîmplă ca șasiul să fie legat tocmai cu conductorul nelegat la pămînt al rețelei, conectarea unei prize de pămînt exterioare suplimentare va duce la un scurtcircuit. Din aceeași cauză, șasiurile acestor receptoare nu pot fi atinse cu mîna — ele sînt sub tensiune în raport cu pămîntul și atingerea lor este periculoasă.

Volți în ANTENĂ

Cuvîntul „antenă" în greacă înseamnă mustățile sau antenele insectelor. Noi întindem antenele noastre în spațiu — „eter" cum se numea înainte, și „pescuim" de acolo emisiunile necesare.

Prinderea acestei „prăzi" se exprimă prin apariția în antenă a unor tensiuni microscopice. Aceste tensiuni sînt atît de mici, încît evaluarea lor se face în milionimi de volt — microvolți. Necesitatea de a măsura fracțiuni atît de mici de volt a apărut tocmai în radiotehnică. Alte domenii ale tehnicii nu au avut de-a face cu tensiuni atît de neînsemnate.

Cu ajutorul aparatelor obișnuite, tensiunile de milionimi de volt nu numai că nu pot fi măsurate, dar nici măcar descoperite. Pentru măsurarea lor se folosesc instalații complexe speciale. Organismul omenesc nu simte astfel de tensiuni, de aceea, antena, cu toate că vorbind riguros constituie un conductor purtător de curent, s-ar părea că ar putea fi considerată complet nepericuloasă.

Aceasta nu este însă adevărat. Uneori — aceasta se poate întîmpla în orice anotimp — din antenă încep să se împrăștie scîntei. Scînteile, lungi pînă la cîțiva centimetri, sar cu pocnituri puternice între antenă și obiectele legate la pămînt, cel mai des între coborîrea antenei și conductorul de legare la pămînt. In asemenea momente nu se recomandă să se atingă antena — se poate căpăta un șoc foarte puternic. De obicei, încă înainte de a atinge

antena, între ea şi mînă sare o scînteie, care provoacă o durere ascuţită.

Ce este scînteia electrică?

Răspunsul la această întrebare se poate găsi cu uşurinţă în manualele de fizică. Scînteia este una dintre formele de trecere a curentului electric prin gaze. Curentul electric este format în gaze atît de către electronii în mişcare, cît şi de ioni. De exemplu, într-un centimetru cub din aerul aflat în cameră, numărul lor se ridică la cîteva mii.

Dacă între două conductoare aflate într-un mediu gazos există o tensiune electrică, ionii de gaz din spaţiul dintre aceste conductoare se pun în mişcare. Viteza pe care o capătă depinde de valoarea tensiunii. Dacă tensiunea este destul de mare, viteza ionilor devine atît de importantă încît ei, suferind în cursul deplasării lor ciocniri inevitabile cu moleculele sau cu atomii de gaz, le ionizează, adică dislocă din ei alţi electroni. Ionii nou formaţi încep să se mişte la rîndul lor şi ionizează alţi atomi. Ca rezultat o întreagă avalanşă de particule încărcate se avîntă spre electrozi.

Această descărcare în avalanşă, intensificîndu-se în mod rapid se numeşte tocmai scînteie electrică. Presiunea formată de către ioni în scînteia electrică atinge cîteva sute de atmosfere. Energia obţinută de moleculele sau atomii de gaz, prin ciocnirea lor cu ionii sau cu electronii rapizi, duce la degajarea de căldură şi la formarea undelor acustice.

Distanţa care poate fi străbătută de scînteie între electrozii din gaz nu depinde numai de valoarea tensiunii, ci şi de un şir de alte cauze: presiunea gazului, compoziţia lui, numărul de ioni liberi, forma electrozilor etc. Scînteia se produce cel mai uşor între vîrfuri. Pentru a străpunge un spaţiu de 15 mm între vîrfuri în aerul din cameră, este necesară o tensiune de 20 000 volţi. Dacă electrozii sînt rotunjiţi sau plani, această tensiune poate să străpungă un spaţiu de cel mult 5 . . . 6 mm.

Oricine a văzut scînteile produse între antenă şi obiectele legate la pămînt ştie că lungimea lor este destul de importantă. Nu sînt rare scînteile cu lungimea

de 10...20 mm, iar scînteile de 2...3...4 mm sînt obişnuite. Pentru formarea lor, chiar între vîrfuri, sînt necesari mii de volţi.

De unde se iau tensiuni atît de mari? Desigur, semnalele de radio nu au nici o vină. Apariţia tensiunilor atît de mari se explică prin alte cauze.

Inducerea tensiunii înalte în antenă se produce cel mai frecvent în timpul furtunilor. În cursul descărcărilor pe care le denumim lovituri de trăznet, în conductoarele din vecinătate se induc sarcini electrice. Dacă conductoarele sînt legate la pămînt, sarcinile induse se scurg imediat la pămînt; dacă ele sînt însă izolate, sarcinile se menţin pe ele, se pot acumula şi pot atinge valori mari, suficiente pentru descărcarea prin scînteie între ele şi pămînt.

Antenele sînt totdeauna bine izolate şi au o mare lungime şi — de aceea — ele se încarcă pînă la o tensiune ridicată, chiar dacă sînt situate la mare distanţă de regiunea în care bîntuie furtuna, adică de locul în care se produc descărcările atmosferice.

Sarcinile pot însă să apară şi să se acumuleze pe antene nu numai în timpul furtunii.

Fulgii de nea poartă cu ei adesea sarcini electrice. Atingînd în căderea lor antena, ei îi cedează sarcinile. Dacă aerul este uscat, iar aceasta este un fapt obişnuit pe timpul gerurilor puternice, milioanele de fulgi de zăpadă pot la urma urmei să încarce antena pînă la un potenţial foarte ridicat. Acelaşi fenomen se observă şi vara cînd suflă un vînt uscat, plin de praf. Firicelele de praf, lovindu-se de antenă, o încarcă.

Acestea sînt cauzele scînteilor care uneori se risipesc din conductorul antenei. Aceste scîntei sînt periculoase. Ele pot cauza un şoc foarte dureros, pot să deterioreze receptorul, pot cauza uneori un incendiu. Pentru a evita toate acestea, după terminarea recepţiei antena trebuie legată la pămînt. Trebuie, de asemenea, să se întrerupă recepţia şi să se lege la pămînt antena şi în cazurile cînd se intensifică descărcările atmosferice, adică pîrîiturile care însoţesc şi acoperă radiorecepţia. Aceste pîrîituri dovedesc că pe antenă, dintr-o cauză sau alta, iau naştere sarcini neobişnuit de mari.

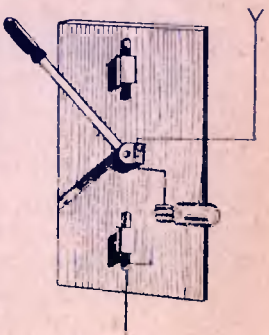
Antenele se leagă la pămînt de obicei prin comutatorul de antenă. Din cele expuse reiese clar de ce la aceste comutatoare priza de pămînt trebuie să fie adusă la cuţitul din mijloc. În acest caz, atunci cînd antena se leagă la pămînt, de borna legată de antenă se apropie cuţitul legat la pămînt şi dacă antena este încărcată, prin apropierea cuţitului la o distanţă suficientă, va sări o scînteie între antenă şi cuţit. Persoana care execută legarea la pămînt nu va suferi nimic. Dacă antena este însă legată la cuţit, atingerea lui poate provoca un şoc.

Lămpișoara DIN ANTENĂ

Fiecare radioamator știe pentru ce în circuitul de antenă al emițătorului se conectează în serie o lămpișoară. Această lămpișoară servește în emițător drept cel mai simplu indicator: dacă emițătorul generează, în antenă apare curentul alternativ și beculețul se aprinde.

Noi nu vorbim însă în cazul de față despre emițător, ci despre receptor și antenă la recepție. Are sens să conectăm lămpișoara în antena receptorului de radio?

Tensiunile mari care în unele cazuri se pot dezvolta în antena de recepție (v. capitolul precedent), sugerează ideea că este indiscutabil rațională introducerea unei lămpișoare în antena de recepție, însă nu a unei lămpișoare cu incandescență obișnuită, ci a unei lămpișoare cu neon. Iată de ce.



Beculețul cu neon cînd este stins prezintă o rezistență infinit de mare. Dacă noi conectăm între antenă și priza de pămînt o lămpișoară cu neon, noi putem lega la aceste borne receptorul și recepționăm cu el ca și cum această lămpișoară nici nu ar exista; prezența lui nu se manifestă în nici un fel asupra recepției. Prezența lămpișoarei se va simți însă dacă pe antenă apar sarcini mari. Potențialul de aprindere al

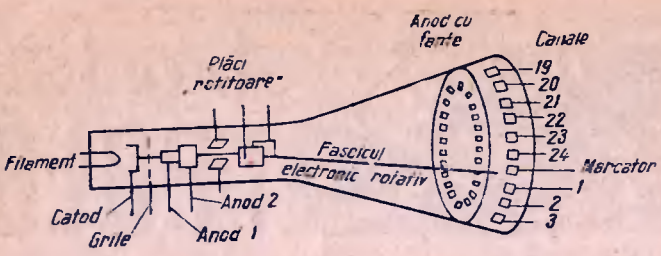
lămpişoarei cu neon indicator este de aproximativ 60 volţi. Imediat ce în antenă apare o sarcină, care depăşeşte potenţialul de aprindere al beculeţului, acesta se aprinde şi — ca urmare — antena se va descărca instantaneu: doar capacitatea antenei este foarte mică (100 ··· 200 picofarazi) şi în ea nu se poate acumula o sarcină capabilă să menţină un timp îndelungat arderea lămpişoarei. Astfel, lămpişoara cu neon va servi drept un descărcător, care semnalizează prin pîlpîire de fiecare dată cînd funcţionează. Întrucît la majoritatea comutatoarelor de antenă, folosite de radioamatori, nu există spaţii disruptive (descărcătoare cu vîrfuri), este foarte indicată folosirea lămpilor cu neon drept asemenea descărcătoare. O asemenea lămpişoară nu permite acumularea în antenă a unui potenţial care să depăşească cîţiva zeci de volţi.

Anecdotă reală

În anii îndepărtați, care sînt acum denumiți adesea anii zorilor radioamatorismului, a fost răspîndită o anecdotă despre un radioamator mincinos, care ci-că a construit un receptor supraselectiv. Acest receptor uimitor, după cum afirma constructorul lui, a fost atît de selectiv încît la recepția concertelor el permitea să se selecționeze numai vocea cîntărețului, eliminînd acompaniamentul, sau dimpotrivă, să se asculte numai acompaniamentul eliminînd vocea cîntărețului.

Tehnica merge însă înainte atît de repede încît ceea ce acum 30 de ani se considera o anecdotă este pe deplin realizabil în prezent.

Radiotehnica modernă folosește două feluri principale de radiație a undelor de radio de către posturile de radio emițătoare: continuă și prin impulsuri. Ca exemplu de primul fel de emisie pot servi toate posturile de radiodifuziune care folosesc atît modulația de amplitudine, cît și cea de frecvență. În cazul emisiunii prin impulsuri, radiația se execută în cursul unor intervale scurte, separate prin intervale mai mari sau mai mici în timpul cărora nu există emisie. De exemplu, emițătorul poate să radieze timp de o microsecundă după care el încetează să radieze timp de o milisecundă. Întrucît secunda conține o mie de milisecunde, emițătorul care funcționează în acest regim va radia la fiecare secundă o mie de impulsuri separate, cu durata de cîte o microsecundă. Radia-



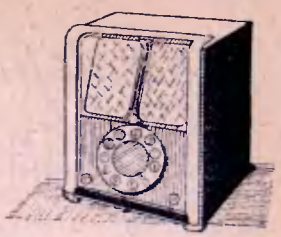
ţia prin impulsuri se foloseşte în telecomunicaţiile speciale şi în radiolocaţie.

Printre numeroasele probleme care pot fi rezolvate cu ajutorul radiaţiei prin impulsuri, ocupă un loc important legăturile multicăi. Să ne închipuim pentru simplitate că dorim să transmitem prin radio pe aceeaşi undă două emisiuni simultane. Pentru aceasta procedăm astfel: impulsurile 1, 3, 5 etc., adică fiecare impuls impar radiat vor folosi pentru transmiterea unui program, iar impulsurile 2, 4 etc., pentru celălalt program. În acest scop, în emiţător trebuie să se amenajeze un comutator special care conectează alternativ cînd unul cînd celălalt microfon. Asemenea comutatoare trebuie să existe şi la receptoare. Ele vor avea funcţiunea să conecteze receptorul la antenă (sau în general, să pună în funcţiune printr-un procedeu oarecare receptorul) exact în momentele cînd soseşte impulsul dorit.

Desigur, comutatoarele mecanice nu se pot folosi în acest scop. Nici un sistem mecanic nu suportă asemenea viteze ultraînalte. Astfel de comutatoare se pot realiza numai prin mijloacele tehnicii electronice.

Legăturile multicăi prin impulsuri există. Pentru ele au fost create comutatoarele cu fascicul electronic, denumite ciclofoane. Fasciculul electronic nu trasează în aceste ciclofoane linii pe ecran ca în tuburile de televiziune, ci se roteşte circular atingînd contactele care se găsesc pe această circumferinţă. Viteza de deplasare a fasciculului, dimensiunile contactelor şi distanţa dintre ele sînt astfel calculate, încît fasciculul se deplasează pe suprafaţa fiecărui contact exact atîta timp cît durează impulsul destinat pentru canalul legat cu acest contact. Dacă într-o se-

cundă se transmit 1 000 de impulsuri, iar tubul are 25 contacte, fasciculul electronic parcurge toate contactele de 40 ori pe secundă. Abonatul care capătă asemenea impulsuri nu observă caracterul lor discontinuu. Aceasta se realizează cu ajutorul unor dispozitive speciale de netezire din receptor, în particular, în etajul detector.



Emisiunea prin impulsuri permite să se realizeze în viaţă vechea anecdotă. Să ne închipuim că vocea cîntăreţului şi acompaniamentul se transmit pe aceeaşi lungime de undă prin două canale diferite. Sunetele vocii cîntăreţului şi ale acompaniamentului se pot separa prin diferite procedee. De exemplu, cîntăreţul şi acompaniatorul pot fi plasaţi în studiouri diferite, ei avînd vizibilitate directă printr-un geam şi auzindu-se reciproc cu ajutorul căştilor.

La locul recepţiei, prin comutarea contactelor ciclofonului, receptorul poate fi alimentat cu impulsuri ale ambelor canale sau — după dorinţă — cu impulsuri ale unui singur canal, şi astfel se poate obţine emisiunea complet, sau se poate selecţiona vocea cîntăreţului sau acompaniamentul.

Emisiunea prin impulsuri şi ciclofoanele permit să se transmită pe o singură undă şi — simultan — printr-un singur post de radio cîteva emisiuni, fără ca acestea să fie perturbate reciproc. Folosirea tehnicii impulsurilor în radiodifuziune probabil că este o chestiune de viitor apropiat. Aceasta va permite să se reducă în mod simţitor numărul de posturi de radioemisie şi — în acelaşi timp — să se mărească mult numărul programelor transmise de acestea. Noi ne putem închipui dispozitivul de acordare al receptorului care funcţionează cu impulsuri, din acea perioadă, sub forma discului de numere al aparatului telefonic automat. Cu ajutorul acestui disc ascultătorul va stabili frecvenţa postului de radio necesar şi numărul canalului prin care se transmite programul care îl interesează.

Ziua de lucru a unui emițător cu impulsuri

Emițătoarele posturilor de radiolocație, mai bine-zis etajele lor finale, funcționează după cum se știe în cursul unor intervale de timp foarte scurte, corespunzătoare trimiterii impulsurilor. În intervalele dintre impulsuri, etajele de ieșire ale acestor emițătoare nu funcționează. Aceasta permite să nu se ia măsuri speciale pentru răcirea anozilor tuburilor finale. În acele momente, pentru care tuburile se pun în funcțiune, anozii lor nu au timp să se supraîncălzească.

Dar care este totuși „ziua de muncă" reală a etajului final al unui astfel de emițător? În ce interval de timp acest etaj funcționează în realitate și cît timp se odihnește el dacă este exploatat 24 ore în șir? Este greu să se dea un răspuns corect la această întrebare fără a executa calcule, deoarece recepția frecventă a impulsurilor — de sute și mii de ori pe secundă — face să se presupună că dacă durata impulsurilor însăși este extrem de mică, durata lor totală nu va fi chiar atît de mică.

Să încercăm să rezolvăm un exemplu de calcul.

Să presupunem că postul de radiolocație trebuie să descopere obiecte situate la distanțe pînă la 150 km. Intervalul de timp dintre expedierea a două impulsuri trebuie, natural, să fie suficient de mare pentru ca unda reflectată de obiect să poată reveni la postul de locație. Calea pe care trebuie să o străbată unda de radio este de 300 km (150 km pînă la țintă și tot atîta înapoi). Întrucît unda de radio străbate 300 000 km pe secundă, pentru a

parcurge o cale de 300 km ea va avea nevoie de 300 : : 300 000 = 0,001 secunde, adică o milisecundă.

Durata impulsului unui asemenea emițător este de obicei de o microsecundă, iar numărul de impulsuri într-o secundă este de o mie, ceea ce corespunde cu durata stabilită de noi a intervalelor dintre impulsuri.

24 de ore conțin 86 400 secunde, deci, în curs de 24 de ore, emițătorul va expedia 86 400 × 1 000 = 86 400 000 impulsuri cu durata pînă la 0,000001 secundă fiecare. Durata totală a tuturor impulsurilor va fi:

86 400 000 × 0,000001 = 86,4 secunde = 1 minut și 26,4 secunde.

Dacă emițătorul funcționează toate cele 24 ore, etajul lui final va fi în realitate conectat doar pentru un minut și jumătate. Dacă această cifră se rotunjește cu puțin, se va obține că o zi de muncă normală de opt ore va fi îndeplinită de etajul final al emițătorului de impulsuri, care funcționează în acest regim, într-un an de zile.

Acesta este rezultatul oarecum neașteptat al calculelor noastre.

Este posibilă oare TELEVIZIUNEA FĂRĂ RADIO

Într-una din conferinţele publice de popularizare a televiziunii lectorul şi-a început expunerea cu întrebarea: este posibilă oare televiziunea fără radio? — Nu, — a răspuns el însuşi la întrebarea lui, — este imposibilă. Televiziunea este vederea la distanţă. Noi am putea construi aparate optice puternice, care ne-ar permite să zărim orice dorim la distanţe enorme. Aparatele acestea sînt însă inutile deoarece pămîntul este o sferă. Curbura suprafeţei terestre limitează distanţa vizibilităţii cu ajutorul aparatelor optice...

Are lectorul dreptate?

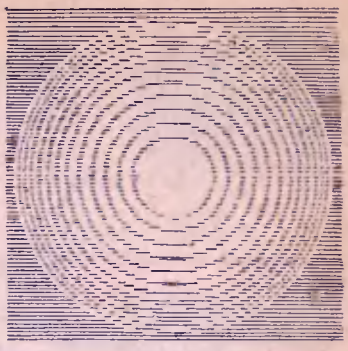
Şi da şi ba. El are dreptate, căci radio-ul extinde limitele de vizibilitate la distanţă. Însă el nu are dreptate în ce priveşte argumentarea lui. Referirea la curbura suprafeţei terestre nu este justă.

Dificultatea nu constă de loc în curbura suprafeţei terestre. Dacă pămîntul ar fi plan, sau — varianta cea mai avantajoasă — ar avea forma concavă, nici atunci nici un fel de aparate optice nu ar putea să concureze cu televiziunea. Aparatele optice au neajunsuri organice, care nu permit să se zărească cu ajutorul acestor aparate „orice se doreşte" la orice distanţă.

Cauza este difracţia undelor de lumină, adică abaterea undelor de lumină de la propagarea rectilinie care se observă în numeroase cazuri.

Datorită difracţiei, fiecare punct luminos al imaginii obţinute cu ajutorul aparatelor optice este înconjurat de

inele alternative întunecate și luminoase. Dacă punctele sînt prea apropiate unele de altele, inelele lor de difracție se interpătrund într-atîta încît punctele nu se mai pot distinge. Posibilitatea de a distinge două puncte observate cu ajutorul aparatelor optice determină puterea lor de rezoluție. Difracția impune o limită puterii de rezoluție a aparatelor optice. Din cauza difracției, nici cu supratelescoapele cele mai moderne nu se poate citi un ziar la distanța de 10 km, iar la distanța de 100 km. este imposibil să se distingă trăsăturile feței omenești.



Aceste limitări de natură organică nu permit să se folosească nemijlocit razele de lumină pentru a realiza „televiziunea optică". Folosirea undelor de radio, adică radioteleviziunea permite să se depășească acest obstacol organic, transmițînd imaginea pe cale artificială, nelegată de propagarea undelor de lumină.

Este necesar să se menționeze că influența curburii suprafeței terestre, pe care lectorul a amintit-o la televiziunea optică, limitează în prezent și posibilitățile televiziunii cu ajutorul undelor de radio. Aceste limitări nu au însă un caracter organic, ele putînd fi înlăturate.

Pe liniile de radiorelee programele de televiziune se transmit la mii de kilometri. Au fost deja efectuate transmisiuni de probă ale programelor de televiziune din America în Europa.

FOTOGRAFIEREA ecranului televizorului

Astăzi se transmite prin televiziune un film în care joacă actorii voştri preferaţi. Aţi hotărît să imortalizaţi chipul lor pe peliculă fotografică. Aceasta pare că nu este greu — aparatul fotografic este bun, dispuneţi de peliculă cu o sensibilitate destul de bună, iar televizorul vostru dă o imagine clară şi puternic luminată. În aceste condiţii şi dispunînd de această tehnică se poate executa fotografierea cu viteză mare, fără pericol de subexpunere. Gîndindu-vă puţin vă opriţi la expunerea 1/1 000. Cu o expunere atît de mică, fotografia nu va fi „mişcată" în mod precis.

Iată că fotografiile au fost făcute şi developate. Cu cîtă nerăbdare scoateţi filmul din cuveta de developare . . . dar ce este asta! Pe nici una dintre fotografii nu s-a obţinut imaginea, sau mai bine-zis pe fiecare dintre ele există doar slabe urme de imagine şi o bandă îngustă oarecare situată în unele fotografii sus, la altele jos — sau lîngă centru. Există chiar o fotografie lipsită complet de bandă. V-au interesat desigur în primul rînd aceste benzi înguste curioase. Scoateţi o lupă şi le priviţi. Prin mărire se poate distinge cîte ceva. Iată ochiul şi o parte a nasului, iată o ramură oarecare . . .

Prin ce se explică acest rezultat straniu al fotografierii? El se explică foarte simplu. Aparatul fotografic cu imparţialitatea proprie lui a redat conştiincios imaginea asupra căreia era îndreptat obiectivul lui. Căci în realitate pe ecranul televizorului nu există nici un fel de ima-

gini. Nouă numai ni se pare că ele există. Imaginile de pe ecranul televizorului sînt iluzii optice. Dacă noi am putea să deschidem ochiul numai pentru o zecime sau sutime de microsecundă am vedea un ecran întunecat şi pe el un punct mic luminos unic.

În fiecare moment dat pe ecranul televizorului luminează doar un singur punct mititel. Punctul aleargă pe ecran trasînd linie după linie şi schimbîndu-şi tot timpul strălucirea. El ba se aprinde foarte puternic, ba aproape se stinge, iar uneori se stinge chiar complet. În a 25-a parte din secundă punctul reuşeşte să linieze întreg ecranul de sus pînă jos, trasînd pe el 625 linii şi să revină din nou la punctul de plecare. Ochiul nostru posedă însă proprietatea de a reţine imaginea obţinută aproximativ o cincisprezecime de secundă. De aceea noi nu distingem mişcarea rapidă a punctului. Urma mişcării lui se uneşte pentru noi într-o imagine coerentă asemănător cu felul în care racheta nu apare sub forma unui punct mobil, ci sub forma unei fîşii strălucitoare pe fondul întunecat al cerului nocturn.

Aparatul fotografic nu poate fi însă înşelat. El imprimă numai ceea ce „vede" în realitate. În exemplul nostru, obiectivul aparatului fotografic a fost deschis o miime de secundă. În acest interval de timp punctul reuşeşte să parcurgă pe ecran doar 15 linii şi jumătate, adică o bandă îngustă care cuprinde a 40-a parte din cadru (sau ţinînd seama de baleiajul interliniar — 1/20). De aceea pe fiecare fotografie s-a găsit doar cîte o bandă îngustă de

acest gen, aflată în acea parte a cadrului unde a fost prinsă de obiectivul deschis al aparatului.

De ce oare totuşi pe fotografiile noastre se vede o urmă slabă de imagine. Aceasta se explică prin faptul că ecranul tubului de televiziune posedă o oarecare postluminiscenţă. Punctele ecranului care au fost iradiate chiar acum de fasciculul electronic, continuă să ilumineze slab, stingîndu-se treptat, în decurs de cîteva sutimi sau chiar miimi de secundă. Această postluminiscenţă a fost înregistrată pe fotografie sub formă de urmă slabă a imaginii.

Prin ce se explică faptul că pe una dintre fotografii nu s-a imprimat absolut nimic? Explicaţia este foarte simplă — fotografia s-a făcut în intervalul dintre două cadre, adică în timpul cursei de întoarcere a fasciculului de la ultima linie la prima. Durata acestei curse de întoarcere este exact de 0,001 secunde, adică este egală cu timpul nostru de expunere. Dacă fasciculul electronic nu s-ar stinge în timpul cursei de o întoarcere, am descoperi în poză o linie oblică care intersectează ecranul de jos pînă sus. Fasciculul însă care execută cursa de întoarcere se stinge şi de aceea el nu se vedea pe filmul fotografic. Pe el se pot distinge doar contururile slabe ale ultimilor linii ale imaginii, respectiv rezultatul postluminiscenţei ecranului.

De aici se trage următoarea concluzie: fotografierea imaginilor de pe ecranul televizorului trebuie să se facă cu o expunere de cel puţin 1/25 secunde, altfel nu vom obţine o imagine completă. Iar dacă viteza fotofilmării este foarte mare (să ne închipuim că aceasta este posibil) noi nu vom obţine în fotografie o linie sau un segment de linie mititel, ci doar un punct abia vizibil.

Mii de kilometri pe ecranul televizorului

Fasciculul electronic trasează linie după linie pe ecranul televizorului. Cadrele imobile se compun din linii, iar schimbarea cadrelor creează mişcarea de pe ecran. Pe ecran se unduiesc valurile mării, trec vertiginos trenuri şi automobile, funcţionează strungurile, muncesc şi se odihnesc, se înveselesc şi se întristează oamenii. O oră şi jumătate ne-o petrecem în faţa televizorului în timpul transmisiunii unui nou film, trăim aceeaşi viaţă cu eroii lui, împreună cu ei învingem greutăţile şi împreună cu ei ne bucurăm de succesele şi victoriile lor.

Iată a trecut şi ultimul cadru şi filmul s-a terminat. Ce distanţă şi cu ce viteză a străbătut fasciculul electronic pe ecran, în această oră şi jumătate?

Aceasta nu este greu de calculat. După standardul în vigoare, imaginea de televiziune se împarte în 625 linii; pe secundă se transmit 25 cadre. Prin urmare fasciculul electronic străbate în fiecare secundă

$$25 \cdot 625 = 15\,625 \text{ linii.}$$

Durata trasării unei linii este:

$$1 : 15\,625 = 0{,}000064 \text{ secundă} = 64 \text{ microsecunde.}$$

În aceste 64 microsecunde fasciculul electronic nu numai că trasează pe ecran linia vizibilă nouă, ci şi execută

„saltul“ spre începutul liniei următoare. Durata cursei de întoarcere este egală cu aproximativ 8 microsecunde, de aceea durata reală a parcurgerii de către fascicul a unei linii este aproximativ egală cu 56 microsecunde.

Acum este ușor să răspundem la întrebările puse la început. La televizorul cu tubul catodic de 18 cm (7 țoli), lungimea liniei este de 14 cm. Prin urmare „punctul“ de televiziune străbate în 56 microsecunde 14 cm. Într-o secundă el va străbate:

$$14 : 0{,}000056 = 250\,000 \text{ cm},$$

iar într-o oră încă de 3 600 ori mai mult:

$$250\,000 \cdot 3\,600 = 900\,000\,000 \text{ cm} = 9\,000 \text{ km}.$$

„Punctul“ de televiziune (spotul) se avîntă pe ecranul televizorului KVN-49 cu viteza de 9 000 km pe oră, de două ori mai rapid decît un glonte. Un glonte are viteza inițială de 4 500 km pe oră. În timpul transmisiei filmului, adică într-o oră și jumătate, „punctul“ va efectua pe ecranul televizorului o călătorie de 13 500 km. Să ne închipuim că începîndu-și cursa la Moscova, acest „punct“ s-a îndreptat spre sud. Peste ceva mai mult de opt minute el va atinge Marea Neagră în regiunea Novorosiisk. 33 minute după decolare din Moscova „punctul“ nostru înaripat va trece pe lîngă Adis-Abeba — capitala Abisiniei. După alte șapte minute, zburînd deasupra cîmpiilor Africii Centrale, el va intersecta ecuatorul lîngă lacul Victoria. După alte 13 minute, la latitudinea insulei Madagascar, el va părăsi marele continent negru și se va năpusti deasupra apelor Oceanului Indian. În sfîrșit, în secundele cînd ne vom lua rămas bun de la eroii filmului, „punctul“ nostru de televiziune va atinge cercul polar de sud și își va termina fuga vertiginoasă undeva prin meleagurile Antarcticei.

Aceasta este „lungimea“ filmului, descompus în linii de televiziune. Vom observa, că pelicula cinematografică cu-

prinzînd imaginile acestui film are lungimea de 2 700 m. Cu toate că cifrele expuse sînt foarte mari, ele sînt minime pentru televiziune, deoarece am luat ca exemplu ecranul televizorului KVN-49 — cel mai mic dintre ecranele de televiziune. Ecranele televizoarelor de alte tipuri sînt mai mari, de aceea şi cifrele corespunzătoare sînt şi ele mai mari. Unele dintre ele sînt date în tabela de mai jos.

Din tabelă se vede că deosebit de mari sînt cifrele care se referă la televizoa-

Televizorul	Diametrul tubului, cm	Lungimea liniei pe ecran, cm	Viteza „punctului" pe linie, km/oră	Calea străbătută de „punct" în 1,5 ore, km
KVN-49	18	14	9 000	13 500
T-2	23	18	11 000	17 250
„Avangard"	30	24	15 400	23 100
„Temp"	40	32	20 500	30 300
T-4 (de proiecţie)	10	51	32 800	49 200
De proiecţie cu ecran 3×4 m	23	400	258 000	385 000

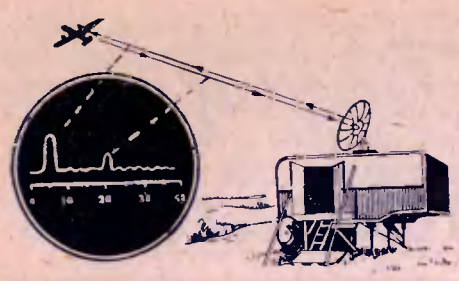
rele de proiecție. În cursul transmiterii unui film, distanța parcursă de punct pe ecranul unui televizor de proiecție pentru cluburi, de tip T-4, depășește cu 9 000 km lungimea circumferinței globului terestru, adică „punctul" execută o călătorie mai lungă decît o călătorie în jurul lumii, iar calea străbătută de punctul de televiziune pe ecranul unui televizor de proiecție mare este egală cu distanța de la pămînt la lună.

Unul dintre neajunsurile foarte neplăcute care înrăutățesc calitatea imaginilor de televiziune, este dedublarea. Dedublarea constă în apariția pe ecran la dreapta imaginii normale a unei a doua imagini, de obicei mult mai slabă. Pe ecran se pot vedea uneori chiar mai multe imagini repetate, de acest fel.

Prin ce se explică acest fenomen neplăcut?

Explicația lui este foarte interesantă — dublarea, triplarea etc. se explică adesea prin faptul că instalația de televiziune acționează ca un post de radiolocație.

În ce constă particularitatea principală a funcționării postului de radiolocație? Ea constă în expedierea unui fascicul scurt de unde de radio — a impulsului de sondare — și în recepția undelor reflectate de la obstacol. Pe ecranul radiolocatorului se prduce neîntrerupt baleiajul pe o singură linie la mijlocul ecranului. În momentul expedierii impulsului de sondare, la începutul acestei linii apare un salt vertical; în momentul recepției semnalului pe această linie apare un al doilea salt, desigur, mai slab. Între expedierea impulsului de sondare și recepția impulsului reflectat trece un interval de timp oarecare și de aceea saltul datorit fasciculului reflectat se situează la dreapta față de saltul inițial. Întrucît viteza de propagare a undelor de radio este constantă și viteza explorării liniei este cunoscută, se poate determina distanța pînă la obiectul care a reflectat fasciculul după distanța între salturile de pe linie.



În fond, în acelaşi fel „funcţionează" şi instalaţia de televiziune de recepţie. Cînd unda electromagnetică — semnalul emis de postul de emisie — atinge antena de recepţie în locul corespunzător al ecranului apare un punct luminos. Dacă această undă întîlneşte mai departe în calea ei un obstacol, ea se reflectă. Fasciculul reflectat ajungînd din nou în antena de recepţie, va provoca apariţia pe linie a unui al doilea punct situat spre dreapta de primul.

Distanţa pe linie între primul punct, corespunzător semnalului recepţionat şi punctul al doilea corespunzător recepţiei semnalului reflectat, este determinată ca şi în radiolocaţie de viteza baleiajului şi de distanţa de la antena de recepţie pînă la obstacolul care a reflectat fasciculul. Nu este chiar atît de greu să calculăm aceste date de „radiolocaţie" ale televizorului.

Durata baleiajului unei linii în standardul de televiziune existent este de 57 microsecunde (v. capitolul precedent). La televizorul KVN-49, lungimea liniei este de 140 mm, prin urmare fasciculul străbate un milimetru de linie în 0,000056 : 140 = = 0,0000004 secunde = 0,4 microsecunde. Viteza de propagare a undelor de radio este de 300 milioane metri pe secundă; unda de radio va străbate în 0,4 microsecunde

$$300\,000\,000 \cdot 0{,}0000004 = 120 \text{ m}.$$

Aceşti 120 metri reprezintă calea pe care unda de radio trebuie să o străbată de la antenă pînă la obstacol şi înapoi, de aceea distanţa de la antenă pînă la obstacol va fi numai jumătate, adică 60 metri. Astfel, un milimetru de pe ecranul televizorului KVN sau în general al oricărui televizor cu tub de 18 cm corespunde cu o distanţă pînă la obstacol de aproximativ 60 m. Dacă imaginea a doua apare pe ecranul unui asemenea televizor cu 2 mm spre dreapta de imaginea principală, înseamnă că unda s-a reflectat de la un obstacol situat la aproximativ 120 m în spatele antenei.

La televizoarele cu iconoscoape de diametru mare avem alte date după cum se vede din tabelă:

Televizorul şi diametrul tubului	Durata parcurgerii unui mm de către fascicul (microsecunde)	Distanţa între antenă şi obstacol, corespunzătoare decalajului de 1 mm (metri)
KVN (18 cm)	0,4	60
T-2 (23 cm)	0,3	45
„Avangard" (30 cm)	0,23	34,5

Decalajul maxim între imagini (pe ecranul televizorului KVN-49), care s-a putut observa, nu depăşea 25 · · · 30 mm, ceea ce a corespuns cu distanţa pînă la obstacol de 1,5 km. Probabil că în cazul unor distanţe mai mari pînă la obstacole, fasciculul reflectat este atît de slab, încît nu creează pe ecran o imagine vizibilă. Aici este bine să se menţioneze că o linie completă a televizorului corespunde cu distanţa pînă la obstacol de 8 km şi 400 m; cu alte cuvinte, televizorul — ca şi un radiolocator — permite să se determine distanţele pînă la „ţinta" reflectantă, în limitele a 8.400 km.

Imaginea a doua este vizibilă clar pe ecranul televizorului, cînd decalajul dintre imaginea principală şi cea reflectată este de cel puţin 0,5 mm. Dacă decalajele sînt mai mici noi nu mai distingem două imagini, ci vedem

o singură imagine, oarecum spălăcită, neclară. În această privinţă este greu să se indice o anumită limită concretă, dar după cît se vede, pereţii caselor care se află în spatele antenei la distanţa de 3 ··· 4 m nu reduc în mod sensibil claritatea imaginii.

Trebuie să se menţioneze că a doua imagine poate să apară nu numai în cazul reflectării semnalului de un obstacol aflat în spatele antenei, ci chiar şi de un obstacol aflat lateral între antena de recepţie şi postul de emisie. În acest caz se poate determina după valoarea decalajului imaginilor cu cît parcursul undei reflectate este mai lung decît parcursul undei directe.

De ce unda reflectată strică imaginea, însă nu înrăutăţeşte sunetul? Doar undele de radio ale însoţirii muzicale se reflectă ca şi undele care poartă semnalele imaginii.

Din punct de vedere teoretic, distorsiuni ale sunetului datorită acţiunii semnalului reflectat asupra antenei trebuie desigur, să aibă şi aci loc, însă ele sînt atît de neînsemnate încît nu le putem observa. Într-un capitol precedent s-au dat date referitoare la percepţia noastră auditivă. Se pot auzi distinct două sunete doar atunci cînd intervalul dintre ele este cel puţin de 1/15 dintr-o secundă, adică circa 60 milisecunde. În acelaşi timp noi ştim că fasciculele reflectate acţionează asupra antenei de recepţie după cîteva microsecunde. Dacă durata unui sunet oarecare creşte cu cîteva microsecunde, noi nu observăm acest fapt.

Cum să înțelegem SINCRONISMUL

Deschideți orice carte sau articol în care se vorbește despre principiile emisiei și recepției în televiziune. În ea veți găsi totdeauna scris despre necesitatea respectării riguroase a sincronismului și sinfazicității deplasării fasciculului electronic în tubul videocaptor al emițătorului de televiziune cu fasciculele electronice în iconoscoapele televizoarelor. În orice moment fasciculul tubului videocaptor și fasciculele iconoscoapelor trebuie să se afle în același loc al liniei corespunzătoare, deplasîndu-se în același sens.

Este oare așa? Se respectă în realitate această condiție în televiziune?

La această întrebare trebuie să se răspundă: Nu, nu se respectă. În realitate fasciculele electronice din tuburi se deplasează alandala. Aceasta se poate dovedi.

Să presupunem că într-un moment oarecare fasciculul de explorare al tubului videocaptor și-a început deplasarea pe prima linie. În conformitate cu aceasta, emițătorul a expediat un impuls-semnal de sincronizare, în funcție de care trebuie să înceapă deplasarea pe aceeași linie fasciculele electronice ale tuturor tuburilor de recepție (iconoscoapelor).

Undele electromagnetice nu se propagă instantaneu. Să admitem că televizorul nostru se află la distanță de 3 km de emițător. Undele electromagnetice propagîndu-se cu

viteza de 300 000 km pe secundă, vor fi necesare pentru a parcurge această distanță

$$\frac{3}{300\,000} = 0{,}00001 = 10 \text{ microsecunde.}$$

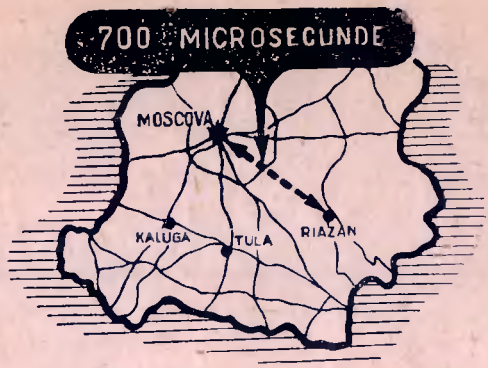
Se poate spune: oare face să ținem seama de microsecunde?

Într-adevăr, în viața de toate zilele noi nu ținem cont de microsecunde. Aceasta este un interval de timp prea mic. Însă în radiotehnica frecvențelor ultraînalte, microsecunda nu este un fleac. Unul dintre cele mai importante capitole ale radiotehnicii, radiolocația — chiar prin esența ei se bazează pe microsecunde. Microsecundele nu pot fi neglijate nici în televiziune.

Fasciculul iconoscopului unui televizor aflat la distanța de 3 km de emițător începe deplasarea zece secunde după ce s-a început deplasarea fasciculului tubului videocaptor. În cazul standardului adoptat la noi pentru explorare, fasciculul parcurge o linie în 56 microsecunde. În momentul cînd fasciculul iconoscopului își va începe deplasarea, fasciculul tubului videocaptor va străbate deja aproape 1/5 din linie. După 64 microsecunde, fasciculul tubului videocaptor va începe deja să se deplaseze pe linia următoare, iar fasciculul tubului televizorului nostru va parcurge încă ultima parte a primei linii.

O diferență și mai mare va exista la distanța de 30 km de emițător. Aici întîrzierea fasciculului iconoscopului, în raport cu tubul fasciculului videocaptor va fi de 100 microsecunde, sau transformînd în linii — va fi în întîrziere cu aproximativ două linii (pentru simplificare neglijăm timpul cursei de reîntoarcere).

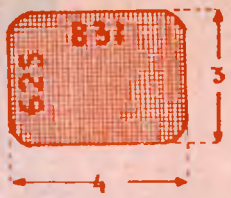
Distanța maximă de recepție a emisiunilor centrului de televiziune din Moscova este aproximativ de 200 km. Se cunosc numeroase exemple de recepție la această distanță. Semnalul de radio străbate 200 km în 700 microsecunde, ceea ce corespunde cu o întîrziere mai mare decît 10 linii, iar ținînd seama de baleiajul interliniar folosit la noi, cu un decalaj efectiv pe ecran de 20 linii. În timp ce fasciculul tubului videocaptor va prelua, să presupunem sarcina de pe locul mozaicului pe care sînt proiectate picioa-



rele unuia dintre personajele acțiunii, fasciculul iconoscopului va munci în alt capăt al ecranului pentru a desena, să presupunem, mîinile.

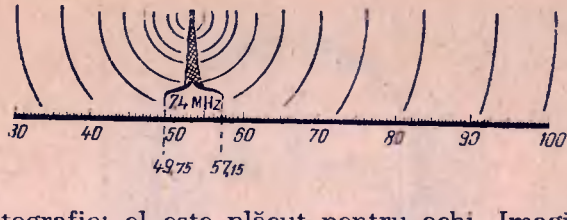
Astfel, proprietarii televizoarelor, vorbind riguros nu văd pe ecran simultan același lucru. Cu cît televizorul este mai departe de emițătorul de televiziune, cu atît imaginea „întîrzie" mai mult pe ecran. Locuitorii Moscovei și ai Tulei văd în același moment diferite părți ale imaginii transmise.

Numărul DE LINII și banda DE FRECVENȚE



Imaginea de televiziune se obișnuiește, să se caracterizeze prin numărul de linii în care ea se împarte. Acest număr se numește adesea standard de definiție. La începutul deceniului al 30-lea în Uniunea Sovietică a existat televiziune cu 30 de linii. La sfîrșitul aceluiași deceniu, după trecerea de la televiziunea mecanică la cea electronică, la Leningrad se efectuau emisiuni cu explorarea imaginii prin 240 linii, iar la Moscova — prin 343 linii. La reînceperea emisiunilor de televiziune după Marele Război pentru Apărarea Patriei, Leningradul a aplicat explorarea prin 420 linii, iar Moscova — prin 625 linii. În curînd, explorarea imaginii prin 625 linii a fost omologată ca standard unional obligatoriu pentru toate emițătoarele de televiziune sovietice. Acest standard de definiție este unul dintre cele mai bune din lume.

Trebuie să se menționeze că numai numărul de linii nu caracterizează complet definiția unei emisiuni de televiziune. Numărul de linii determină definiția verticală, adică numărul de elemente separate pe care poate să le conțină o linie verticală de pe ecranul televizorului. Definiția pe orizontală însă, adică numărul de elemente pe care poate să le conțină linia imaginii, depinde de banda de frecvențe radiată de emițător și redată de receptor. La noi este răspîndit formatul imaginii 4×3, adică lungimea imaginii este mai mare decît înălțimea ei de 1,33 ori. Acest format corespunde cu standardul adoptat în



cinematografie; el este plăcut pentru ochi. Imaginea de televiziune se împarte pe verticală în 625 linii. Dacă se consideră că fiecare element al imaginii trebuie să fie un pătrățel cu latura egală cu lățimea liniei, numărul de elemente în linie va fi:

$$625 \times 1{,}33 = 831,$$

iar imaginea va conține în total din $625 \times 831 = 520\,000$ elemente.

La o astfel de imagine, claritatea pe verticală și pe orizontală va fi identică.

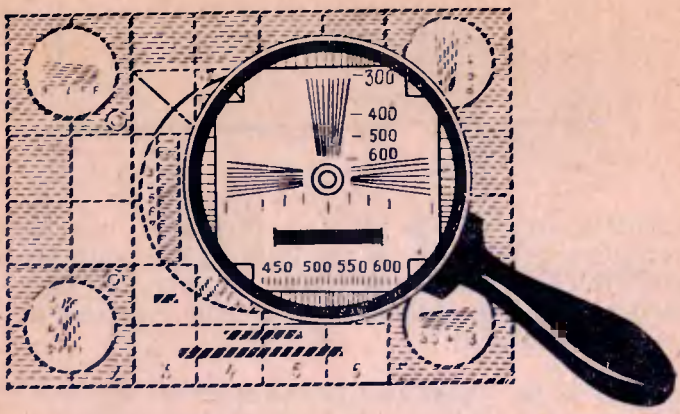
Să determinăm durata transmisiei unui element. După cum am văzut, transmisia unei linii durează 56 microsecunde, prin urmare durata transmisiei unui element al imaginii va fi:

$$56 : 831 = 0{,}067 \text{ microsecunde.}$$

Dacă unul dintre pătrățelele imaginii, este alb, iar alt pătrățel, situat alături pe linie, este negru, curentul care modulează emițătorul de televiziune trebuie să varieze de la minim la maxim în timpul transmisiei acestor două elemente. Prin urmare frecvența acestui curent trebuie să fie

$$\frac{1}{2 \cdot 0{,}067 \cdot 10^{-6}} = 7\,400\,000 \text{ herți} = 7{,}4 \text{ megaherți.}$$

Întrucît banda de frecvențe radiată de emițător (v. capitolul „Banda de frecvențe și frecvența de emisie") sînt determinate de frecvența modulatoare superioară, banda emisiunii de televiziune trebuie să fie de 7,4 megaherți. Trebuie să se menționeze că o astfel de bandă de frecvențe nu va asigura încă contrastul de trecere al strălu-



cirii de la pătrățel la pătrățel. Trecerile nu vor avea contrast, ci vor fi treptate, „spălăcite". Pentru a crea o trecere mai mult sau mai puțin contrastantă, banda de frecvențe trebuie să fie de 2 ··· 3 ori mai largă. În practică nu se reușește însă să se asigure nici banda minimă necesară de 7,4 megaherți.

Televizoarele noastre moderne lasă să treacă o bandă de aproximativ 4 megaherți. Nu este greu să se calculeze, că în cazul acestei benzi — durata transmisiei unui element nu va fi de 0,067 microsecunde, ci

$$\frac{10^6}{2 \cdot 4 \cdot 10^6} = 0{,}125 \text{ microsecunde.}$$

În cazul acestei durate de transmisie a unui element, linia va conține

$$\frac{56}{0{,}125} = 450 \text{ elemente.}$$

Aceasta este tocmai definiția, sau „numărul de linii" care se determină după unghiul vertical al mirei de reglaj, adică definiția reală a imaginei pe orizontală. Unghiul este astfel, încît cifra care se află lîngă partea acestuia unde se mai poate distinge fiecare linie verticală în parte, corespunde cu numărul maxim de elemente

care se pot distinge în linia imaginii. În cazul utilizării complete a standardului, linia orizontală a imaginii trebuie să fie formată din 831 elemente, în realitate însă dacă banda este de 4 megaherţi, ea este formată doar din 450 elemente, iar imaginea întreagă în loc de 520 000 elemente este formată doar din

$$625 \times 450 = 280\,000 \text{ elemente.}$$

În cele ce urmează se dă o tabelă în care sînt trecute valorile definiţiei pe orizontală şi numărul total de elemente în imagine, pentru diferite benzi de frecvenţe.

Banda de frecvenţe, megaherţi	Numărul de elemente în linie	Numărul de elemente în imagine	Banda de frecvenţe, megaherţi	Numărul de elemente în linie	Numărul de elemente în imagine
3	340	212 000	4,5	500	312 000
3,5	400	250 000	5	560	350 000
4	450	280 000			

Din tabelă se vede că dacă, de exemplu, numărul de linii determinat după unghiul vertical al tabelei este egal cu 425, banda de frecvenţe redată de televizor este de aproximativ 3,75 megaherţi.

Astfel, definiţia imaginilor de televiziune nu este determinată numai de numărul de linii, ci şi de banda de frecvenţe. Prima caracterizează definiţia pe verticală, iar cea de a doua definiţia pe orizontală. Pentru un număr anumit de linii, definiţia pe orizontală este cu atît mai ridicată cu cît este mai largă banda de frecvenţe. Numărul maxim de elemente din care este formată imaginea este egal cu produsul dintre numărul de linii şi o cifră care caracterizează definiţia pe orizontală.

Natural că lăţimea benzii de frecvenţe depinde nu numai de televizor, ci şi de antenă. Tocmai de aceea cele mai bune antene de televiziune se numesc antene de bandă largă.

NUMĂRUL MAXIM de linii

După standardul de definiţie adoptat la noi, imaginea de televiziune se împarte în 625 linii. În realitate însă, spectatorul, din diferite cauze capătă pe ecranul televizorului său o imagine cu o claritate mai mică. Relativ bună este definiţia pe verticală, unde practic „dispar" doar cîteva procente din liniile care — conform standardului — trebuie să fie în număr de 625. Definiţia pe orizontală este însă mult mai mică, variind practic între 350 şi 450 linii (v. capitolul precedent).

Care este definiţia cinematografiei transpusă în limbajul standardului de televiziune şi care este în general definiţia maximă posibilă, condiţionată de particularităţile fizice ale organelor noastre vizuale?

Definiţia cinematografiei pe peliculă îngustă, în funcţie de calitatea filmului este situată aproximativ între limitele de 600 şi 900 linii ale standardului de televiziune. Definiţia cinematografului obişnuit este aproximativ cu 50% mai mare. Ea atinge în medie 1 100 ··· 1 200 linii. Limita de definiţie a imaginilor filmate este determinată de mai multe cauze. Principala dintre ele este ceea ce fotografii denumesc „granulaţie", adică structura granuloasă a imaginii pe pelicula fotografică. Trebuie să se menţioneze că în cinematografie — spre diferenţă de televiziune — definiţia pe verticală este identică cu definiţia pe orizontală.

Ochiul nostru nu poate distinge un număr infinit de linii sau elemente separate. Retina ochiului constă din

terminaţiile nervului optic care percep excitaţiile luminoase şi le transmit spre centrele optice ale creierului. Pentru a putea obţine o imagine clară în ceea ce priveşte forma şi amănuntele obiectului, este necesar ca imaginea lui de pe retină să acopere cel puţin cîteva terminaţii ale nervului optic. Dacă imaginea obiectivului se va suprapune doar pe o singură terminaţie nervoasă, vom vedea numai un punct; amănuntele structurii şi formei obiectului vor dispare.

La aceasta se mai adaugă, de asemenea şi acţiunea de difracţie a pupilei (v. capitolul „Este posibilă televiziunea fără radio"). Toate acestea fac ca ochiul nostru să fie capabil să distingă doar acele amănunte pe care le vede sub un unghi de cel puţin un minut. Plecînd de la aceasta, se poate calcula că imaginea de pe ecranul televizorului KVN-49, adică o imagine cu dimensiunile 10×14 cm trebuie să fie descompusă în 1 400···1 500 linii. Un asemenea standard va corespunde cu „natura". În cazul acestui standard vom vedea imaginile de pe ecran cu aceeaşi definiţie ca în realitate. Amănuntele mai mici ale imaginii nu vor mai fi zărite cu ochii liberi. Acest standard va fi valabil şi pentru ecranele de televiziune de dimensiuni mai mari, dacă se consideră că ele vor fi privite de la distanţe respectiv mai mari. Astfel, definiţia cinematografului este de aproximativ $^2/_3$ din norma optimă, iar definiţia televizoarelor moderne este egală cu aproximativ $^1/_3$ din aceasta.

Parametrii de televiziune ai ochiului

Mai înainte cu cîteva pagini s-au expus datele privind numărul real de elemente în imaginea de televiziune pentru un standard de 625 linii şi banda de frecvenţe de 3···4 megaherţi.

Care sînt „parametrii" ochiului omenesc transpuşi în mărimile standardului de televiziune?

Ochiul normal poate distinge în condiţiile optime, pe o suprafaţă egală cu suprafaţa ecranului de televiziune, aproximativ 1 500 linii orizontale. În această linie vor fi:

$$1\,500 \times 1{,}33 \approx 2\,000 \text{ elemente}$$

Numărul total de elemente în imagine va fi:

$$2\,000 \times 1\,500 = 3\,000\,000.$$

Durata transmisiei unei linii (pentru 25 cadre pe secundă) va fi:

$$\frac{1}{25 \cdot 1\,500} = 0{,}00003 \text{ secunde} = 30 \text{ microsecunde},$$

şi ţinînd seama de cursa de reîntoarcere a fasciculului (v. capitolul „Mii de kilometri pe ecranul televizorului"), 22 de microsecunde.

Durata transmisiei unui element va fi:

$$22 : 2\,000 = 0{,}01 \text{ microsecunde}.$$

Banda de frecvenţe necesară pentru această transmisie, cu condiţia existenţei unei limite clare între două elemente învecinate, va fi de aproximativ 150 megaherţi. Astfel, „parametrii de televiziune" ai ochiului nostru sînt:

numărul de linii	1 500
banda de frecvenţe	150 MHz
numărul vizibil de elemente în imagine	3 000 000

Întrucît frecvenţa modulaţiei trebuie să fie cel puţin de 10 ori mai mică decît frecvenţa purtătoare a emiţătorului, această purtătoare nu poate fi mai mică decît 1 500 megaherţi. Frecvenţa de 1 500 megaherţi corespunde cu unda de 20 cm. Astfel, pentru transmiterea imaginilor de televiziune, cu dimensiunile determinate de unghiul vizual pe orizontală de 12°, la formatul imaginii 4×3 şi cu definiţia egală cu puterea rezolutivă a ochiului, nu se pot folosi undele ultrascurte. Ele nu pot să cuprindă banda de frecvenţe necesară pentru această transmisiune. În acest scop ar fi necesar să se folosească undele mai scurte decît 20 cm, adică undele decimetrice cele mai scurte.

PALMA *la distanța mîinii întinse*

Puterea rezolutivă a ochiului nostru ne permite să distingem, în cazul unui iluminat adecuat, două linii negre pe fond alb, doar dacă intervalul dintre ele se vede sub un unghi de cel puțin un minut.

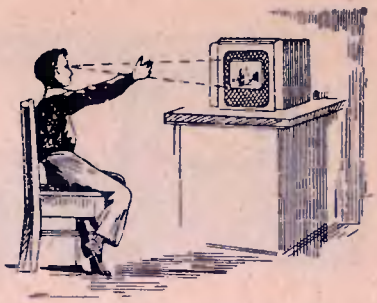
Din geometrie se știe că sub unghiul de un minut se vede un obiect îndepărtat, la o distanță care depășește de 3 440 ori diametrul lui. Rigla cu lungimea de un metru se vede sub un unghi de un minut de la distanța de 3 440 metri. Prin urmare, pentru a vedea distinct două linii de pe ecranul aflat la distanța de 3,4 m, trebuie ca distanța dintre linii să nu fie mai mică decît un mm.

Dacă iluminarea este mai intensă sau mai slabă decît valoarea optimă, puterea rezolutivă a ochiului se micșorează. Experiențele dovedesc că în cazul iluminării care există în medie pe un ecran de televiziune, puterea rezolutivă a ochiului este de aproximativ 1,5 minute. De aici reiese că pe un ecran cu înălțimea de 45 cm, aflat la distanța de 3 m, ochiul distinge aproximativ trei sute de linii orizontale.

Cifrele din urmă au o legătură directă cu standardul sovietic de televiziune. Dacă distingem pe un ecran alb 300 linii orizontale, aceasta înseamnă că pe ecran există 600 linii alternative albe și negre.

Aceasta este tocmai standardul sovietic de televiziune. Prin acest standard este prevăzută descompunerea imaginii în 625 linii, însă în realitate pe ecranele televizoa-

relor se obţin ceva mai puţine linii — aproximativ 600. Standardul s-a stabilit plecînd de la faptul că ochiul nostru este capabil să distingă 600 linii pe un ecran cu înălţimea de 45 cm situat la distanţa de trei metri.



Raportul dintre distanţa de la ochi pînă la ecran — 3 m — şi înălţimea ecranului — 45 cm — este egal cu şapte. Această cifră este importantă: ea determină distanţa optimă, de la care trebuie privit ecranul televizorului. După cum se vede din calculul expus, ea este egală cu de şapte ori înălţimea ecranului. La televizorul KVN-49 înălţimea ecranului este de 10 cm şi în consecinţă el trebuie privit de la distanţă de 70 cm pentru a asigura condiţiile vizibilităţii optime. În tabela redată în cele ce urmează se dau distanţele vizibilităţii optime pentru dimensiunile obişnuite ale ecranelor de televiziune.

Dacă distanţa pînă la ecran este mai mare, un ochiu normal nu va putea distinge amănuntele cele mai mici ale imaginii; la o distanţă mai mică se va percepe liniaritatea imaginii, adică se vor vedea contrastele liniilor.

Dimensiunile ecranului, cm	Distanţa de la care trebuie privit, cm	Dimensiunile ecranului, cm	Distanţa de la care trebuie privit, cm
10 × 14	70	24 × 32	170
13 × 18	90	30 × 51	280
18 × 24	130	300 × 400	2 100

Pentru a afla cea mai bună poziţie din faţa ecranului televizorului nu este strict necesar să ne înarmăm cu un metru. Pentru aceasta putem folosi comod propria noastră mînă. Distanţa pînă la ecranul televizorului va

fi normală cînd palma mîinii întinse înainte acoperă aproape complet ecranul. Folosiţi acest procedeu şi vă veţi convinge că el ajută într-adevăr să se găsească cu uşurinţă distanţa optimă pînă la ecran. Dacă folosiţi un televizor cu lentilă şi ecranul are dimensiuni aparente mai mari decît cele din tabela de mai sus, va fi necesar să vă îndepărtaţi mai mult. Pentru orice dimensiune a ecranului, vizibilitatea optimă va fi atunci cînd palma mîinii întinse coincide aproximativ cu ecranul.

Este interesant că acest procedeu este valabil şi la cinematograf. Dacă ne aşezăm într-un cinematograf pe locurile cele mai bune, — aproximativ în rîndurile 14—15—16 — şi întindem în faţa noastră mîna, palma acoperă exact ecranul. Din rîndurile care sînt mai în faţă imaginea de pe ecran ni se prezintă deja mai spălăcită, iar din rîndurile aflate mai în spate dimensiunile lui aparente se micşorează într-atîta, încît amănuntele mai mici ale imaginii dispar. Rîndurile din mijloc asigură o definiţie maximă şi dimensiunile optime ale imaginii. Aceasta dovedeşte totodată eroarea afirmaţiilor că la „cinematograf se vede mai bine, decît la televiziune, deoarece ecranul cinematografic este mai mare". La cinematograf ecranul este într-adevăr mai mare decît la televizoare, însă spectatorii sînt aşezaţi mult mai departe de el; de aceea dimensiunile aparente ale ecranului cinematografic şi ale ecranului de televiziune sînt aproximativ egale. Aplicînd metoda menţionată a „mîinii întinse", ne putem convinge cu uşurinţă de acest fapt. Ecranul de televiziune şi ecranul cinematografic văzut din rîndurile cele mai bune ne apar sub acelaşi

unghi, — aproximativ 12° pe orizontală. Noi știm însă că ecranul cinematografic este mai mare și de aceea ni se pare că dimensiunile lui unghiulare sînt mai mari. Influențează de asemenea și faptul că atunci cînd privim ecranul de televiziune mai de aproape, sîntem nevoiți să apropiem mai mult axele optice ale ambilor ochi, decît atunci cînd privim ecranul cinematografic mai îndepărtat, iar după efortul mușcular, necesar pentru aceasta, ne-am obișnuit inconștient să apreciem distanța.

La cinematograf se vede mai bine mai ales datorită faptului că acolo definiția este mai mare. Pe ecranul cinematografic, numărul de elemente ajunge pînă la 1 500 000. O asemenea definiție nu a fost încă realizată în televiziune, însă indiscutabil că ea va fi atinsă într-un viitor relativ apropiat.

CÎND SCURT CIRCUITUL ESTE UTIL

Pe calea ferată zboară un tren electric. După o cotitură mecanicul observă pe cale un obstacol — trenul trebuie oprit imediat.

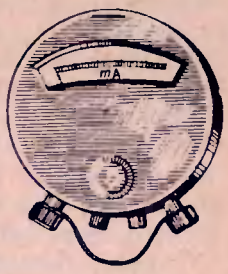
În aceste cîteva secunde care mai despart trenul de o catastrofă posibilă, chestiunea de viaţă sau de moarte este hotărîtă de frîne.

Trenurile cu abur sînt echipate cu frîne pneumatice. Aceste frîne au multe calităţi, dar au şi neajunsuri serioase. Dacă saboţii de frîne vor strînge slab roţile, frînarea va fi prea lentă şi porţiunea de frînare va fi prea mare. Însă şi o frînare puternică este periculoasă: roţile blocate vor putea să continuie mişcarea patinînd — vor începe să alunece pe şine fără a se roti. În unele cazuri — în timpul căderii zăpezii, a poleiului, dacă pe şine există frunze şi cetină, patinarea poate să fie îndelungată. Nu degeaba apar toamna pe liniile de tramvai inscripţiile: „Atenţie! Căderea frunzelor!". Aceasta înseamnă: „fereşte-te de patinare!".

La dispoziţia conducătorului trenului electric stă frîna electrică.

Închipuiţi-vă că în cazul necesităţii de a opri trenul electric, vom întrerupe alimentarea motoarelor electrice cu curent electric şi le vom scurtcircuita. Ce se va întîmpla în acest caz? Trenul va continua să se mişte datorită inerţiei, roţile lui vor învîrti rotoarele motoarelor. În virtutea reversibilităţii maşinilor electrice, motoarele se vor transforma în generatoare şi vor începe

să debiteze curent. Acest curent se va scurge prin conductorul de scurtcircuitare şi îl va încălzi. Pentru încălzire se va consuma energia, a cărei sursă o formează energia cinetică a trenului care se mişcă în virtutea inerţiei. Energia de mişcare va începe să se transforme în căldură. La scurtcircuitarea unui motor de mare putere, devenit generator, degajarea de căldură va fi enormă, energia de mişcare se va epuiza rapid şi trenul se va opri.



Calităţile minunate ale acestei frîne sînt lipsa părţilor în frecare şi imposibilitatea patinării. Prima calitate este evidentă ca atare, întrucît frînarea electrică se realizează prin interacţiunea dintre conductoarele rotorului motorului şi cîmpul magnetic. A doua necesită o explicaţie.

Patinarea este imposibilă în cazul frînării electrice, întrucît această frînare există numai atunci cînd roţile se rotesc iar împreună cu ele se rotesc şi motoarele electrice, care debitează curent tocmai datorită acestui fapt. Dacă roţile se opresc şi se începe patinarea, încetează imediat şi frînarea, adică tocmai cauza care forţează roata să se oprească din mers.

La scurtcircuitarea motorului, frînarea va fi cea mai intensă. Dacă motorul se scurtcircuitează printr-un reostat, atunci prin alegerea rezistenţei lui se poate regla valoarea frînării. De aici şi denumirea „frînare prin reostat" care se foloseşte uneori. Motorul se poate conecta la o linie în loc de reostat; atunci el va începe să debiteze energie în linie. Aceasta va fi frîna cu recuperare. Frînarea prin reostat se foloseşte pentru frînarea rapidă în tramvaie, metrouri, trenuri electrice. Locomotivele electrice sînt echipate cu frîne cu recuperare.

Cititorul este probabil nedumerit ce legătură au cele expuse cu radiotehnica. O legătură există însă: aceeaşi frînare electrică se foloseşte adesea în diferite aparate electrice de măsurat sub forma diferitelor amortizoare magnetice în care energia mişcării se cheltuieşte pentru

a crea curenți turbionari. Ea este folosită adesea pentru a proteja împotriva deteriorărilor aparate de măsură sensibile, cum sînt galvanometrele, microampermetrele și milivoltmetrele, care se întîlnesc în practică de către radioamatori. Se recomandă ca după terminarea măsurărilor efectuate cu aceste aparate, ele să fie scurtcircuitate, adică să se așeze între bornele lor de ieșire un conductor de cupru.

Pentru ce se face oare aceasta?

Echipajul mobil al aparatului de măsurat, format dintr-o bobină cu multe spire, se află în cîmpul unui magnet permanent, formînd un motor electric. Dacă echipajul mobil începe să se rotească sub acțiunea unei forțe mecanice existente, în bobinajul lui iau naștere curenți. Scurtcircuitînd bornele aparatului cu un conductor, noi ne comportăm ca și la frînarea trenului electric: obligăm energia de mișcare a echipajului mobil să se cheltuiască pentru încălzirea conductorului de scurtcircuitare.

În ce cazuri cadrul poate să înceapă deplasarea? Aceasta se poate produce la transportul aparatului, în cazul unor șocuri accidentale etc. În cazul unor mișcări bruște echipajul mobil (cadrul) și acul indicator subțire și fin articulat cu el, pot să se deterioreze. Pentru ca să nu se producă acest lucru, cadrul trebuie frînat. Frînarea cadrului cu ajutorul unei frîne mecanice este periculoasă; cadrul, axul lui și lagărele sînt însă foarte subțiri și fragile; o frînare mecanică poate deteriora cu ușurință cadrul.

Frînarea electrică este lipsită de aceste neajunsuri. Această frînare este extrem de eficace și — în același timp — nu este mecanică. Efortul de frînare se repartizează uniform pe toate spirele cadrului. Cadrul parcă nimerește într-un mediu dens și vîscos, care nu-i permite să se miște rapid. La scurtcircuitarea cadrului un asemenea „mediu vîscos" îl formează cîmpul magnetic în care se află cadrul.

Frînarea electrică are loc și în difuzoarele dinamice, contribuind la funcționarea lor în condiții mai bune. Bobina mobilă a difuzorului se află într-un cîmp magnetic puternic, iar din punct de vedere electric ea este scurt-

circuitată prin bobinajul secundar al transformatorului de ieşire. Fiecare difuzor are o frecvenţă de rezonanţă proprie, la care membrana lui oscilează cu amplitudini deosebit de mari, creînd la această frecvenţă sunetele neplăcute. În cazul acestor oscilaţii „proprii", bobinajul bobinei mobile intersectează însă liniile de forţă ale cîmpului magnetic şi în ea se excită curentul care se consumă pentru încălzirea conductoarelor atît ale bobinei cît şi ale bobinajelor transformatorului, împreună cu sarcinile lor, membrana fiind astfel frînată.

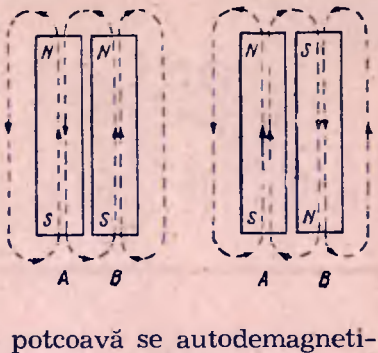
Această autofrînare a bobinei mobile netezeşte oscilaţiile membranei la frecvenţele de rezonanţă şi contribuie la uniformizarea caracteristicilor difuzoarelor dinamice.

ÎNCĂ UN *scurt circuit*

Aparatele de măsurat sensibile nu sînt unicele din echipamentul unui laborator de radioamatori care trebuie scurtcircuitate în timpul „odihnei". La fel se întîmplă şi cu magneţii permanenţi. Magneţii permanenţi, în special în cazurile cînd au formă de potcoavă, ca de exemplu, magneţii dozelor de pick-up, trebuie să se scurtcircuiteze în timpul păstrării cu ajutorul unui jug magnetic (bara de fier), care să unească polii lor.

La prima vedere (prin analogie cu elementele galvanice şi acumulatoarele) se pare că magnetul scurtcircuitat trebuie „să se consume" mai repede decît unul nescurtcircuitat. În realitate însă „se consumă", adică se demagnetizează tocmai magnetul nescurtcircuitat. Să ne închipuim că dispunem de doi magneţi sub formă de bară. Dorim să-i păstrăm într-o singură cutie. Cum să le aşezăm — astfel ca alături să se găsească polii de acelaşi nume, sau polii diferiţi?

Evident că dacă magneţii sînt aşezaţi astfel ca polii de acelaşi nume să fie alăturaţi, liniile magnetice de forţă exterioare ale fiecărui magnet vor trece prin celălalt magnet în sens opus cu liniile lui de forţă proprii, adică magneţii se vor slăbi reciproc. Magneţii trebuie să se aşeze astfel încît polii opuşi să fie alăturaţi. Atunci liniile de forţă exterioare ale fiecărui magnet se vor însuma cu liniile care trec prin interiorul celuilalt magnet, adică magneţii se vor magnetiza reciproc.



Fiecare magnet poate fi considerat format dintr-un număr mare de magneți subțiri așezați unul lîngă altul cu polii de același nume și care — tocmai de aceea — tind, după cum am văzut, să se demagnetizeze reciproc. Acest lucru se și produce în realitate. Fiecare magnet în formă de bară sau de potcoavă se autodemagnetizează, această demagnetizare manifestîndu-se cu atît mai intens cu cît magnetul este mai scurt și mai gros.

Cum s-ar evita acest lucru? În acest scop s-ar putea îndoi magnetul astfel încît polii lui să se alăture; atunci dispare cîmpul de forță exterior al magnetului. Liniile de forță care ar trebui să formeze cîmpul lui exterior vor trece direct din polul nord în polul sud, adică acolo unde ele tind să pătrundă. Magnetul inelar nu are cîmp exterior și de acea el nu se autodemagnetizează. Cînd am împreunat doi magneți în formă de bare, așezînd alături polii diferiți, am creat un magnet închis asemănător. Nu are importanță faptul că forma lui nu este inelară. Este însă important că circuitul magnetic este închis și sensul liniilor de forță este identic în întreg circuitul.

Desigur, noi nu putem îndoi magneții dîndu-le forma de inel și să-i lăsăm sub această formă pînă cînd vom avea nevoie de ei. Putem însă scurtcircuita polii lor printr-un jug de oțel. Drumul liniilor de forță prin oțel este mult mai ușor de străbătut decît drumul prin aer, de aceea prin acest jug se precipită întreg fluxul magnetic exterior al magnetului nostru. Jugul devine el însuși magnet, la care polul nord va fi alăturat cu polul sud al magnetului principal. În acest sistem închis, toate părțile componente nu se demagnetizează, ci dimpotrivă se magnetizează reciproc. De aceea închiderea circuitului magnetic cu un jug contribuie la păstrarea magnetului.

DE 25 DE ORI MAI SUBȚIRE CA FIRUL DE PĂR

Un dielectric foarte răspîndit în condensatoarele fixe este mica — material care se clivează foarte ușor. Grosimea foițelor de mică se măsoară în aceste condensatoare în zecimi și chiar sutimi de milimetru, totuși ele continuă să se cliveze. Este interesant de văzut care este grosimea minimă admisibilă a foițelor de mică. Grosimea minimă a foițelor de mică, care s-a reușit deocamdată să se obțină, este de aproximativ patru microni (0,004 mm). Aceste foițe sînt de 25 ori mai subțiri decît părul omenesc (în medie 100 microni) și chiar sînt mai subțiri decît firul de păianjen, grosimea căruia este de aproximativ 5 microni.

În condensatoarele cu hîrtie se folosește hîrtia de condensator specială, foarte subțire și rezistentă. Calitățile de hîrtie cele mai fine au grosimea de 7···8 microni. Deocamdată nu s-a reușit să se confecționeze hîrtie mai subțire la scară industrială.

Încă de patru ori MAI SUBȚIRE

Foițele ultrasubțiri care se pot obține prin clivarea micei par însă destul de groase în comparație cu un alt material folosit într-una din ramurile radiotehnicei și anume în pieozotehnică.

După cum se știe, cristalele piezoelectrice care formează partea principală a microreceptoarelor, dozelor de pick-up și a microfoanelor piezoelectrice, trebuie să fie acoperite de ambele părți cu un strat bun conducător. Acest strat se face din foiță de argint cu grosimea de aproximativ un micron. Foița aceasta, fiind aruncată în aer, coboară foarte lent. Ea parcă plutește în aer.

Un micron este o unitate de măsură comparabilă cu lungimea razelor de lumină vizibile. Ochiul nostru este sensibil la oscilații electromagnetice cu lungimea de undă începînd de la 0,76 microni.

Este interesant că arta de a produce foițe de aur și argint a fost însușită de foarte mult timp de către maiștrii ruși. Foițele de metal atît de subțiri erau necesare pentru aurire și argintare și maiștrii ruși le confecționau manual bătînd foița cu un ciocănel de lemn pe pielea de porc întinsă.

În tehnica telecomunicațiilor, a înregistrării sunetelor, în acustică se obișnuiește să se caracterizeze sursele de sunete, cum și canalele și aparatajul care servește pentru transmiterea și redarea lor, prin banda de frecvențe. Sub banda de frecvențe se înțeleg limitele între care sînt situate frecvențele sursei de sunete, sau limitele frecvențelor care pot să treacă și să fie redate de către instalația respectivă.

Este îndeobște cunoscut că tehnica telecomunicațiilor și înregistrării sunetelor nu are încă în prezent posibilitatea să opereze cu benzile de frecvență care sînt necesare pentru o sonorizare perfect naturală. De exemplu, pentru o bună redare a vocii omenești este necesară banda de frecvențe de cel puțin 12 000···15 000 herți, iar posturile de radiodifuziune pot să folosească numai o bandă de 4 500 herți. În legătură cu aceasta este interesant să aflăm care sînt benzile de frecvențe care se folosesc în prezent pentru diferite sisteme de telecomunicații (vezi tabela).

Dintre aparatajul enumerat în tabelă, radioamatorii cunosc cel mai puțin aparatajul multicăi. Acesta este aparatajul de înaltă frecvență pentru telecomunicații prin fir, la care din banda largă de frecvențe sînt separate cîteva benzi mai înguste, fiecare dintre ele incluzînd o frecvență purtătoare („subpurtătoare"). modulată cu o frecvență audio proprie și care poate fi folosită pentru transmisie. De exemplu, aparatajul cu trei căi are trei

Felul transmisiei	Se foloseşte banda de frecvenţe
Telegraful cu manipulare manuală	60 herţi
Telegrafia rapidă	1 200 „
Telefonul (convorbirile)	3 400 „
Radiodifuziunea cu modulaţie de amplitudine	4 500 „
Fototelegrafia	5 500 „
Aparataj de telecomunicaţii cu trei căi	30 000 „
Radiodifuziunea cu modulaţie de frecvenţă şi valoarea obişnuită a deviaţiei	75 000 „
Aparatajul de telecomunicaţii cu 12 căi	150 000 „
Televiziunea	8 000 000 „
Radiolocaţia	10 000 000 „

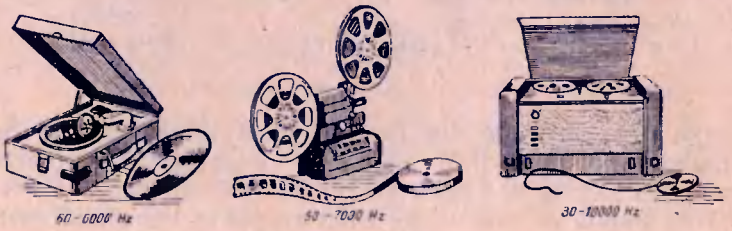
asemenea canale cu frecvenţele lor subpurtătoare. Fiecare dintre aceste canale poate fi folosit pentru o convorbire telefonică duplex sau 18 transmisii telegrafice. Prin urmare, cu ajutorul aparatajului cu trei căi se pot transmite concomitent, de exemplu, două convorbiri telefonice şi 18 emisiuni telegrafice, fără a mai pune la socoteală o convorbire telefonică obişnuită, care se poate executa prin aceleaşi conductoare în audiofrecvenţă.
În tabela de mai jos se dau benzile de frecvenţă care pot să treacă prin circuitele actuale de telecomunicaţii prin fir şi pe canalele de radiorelee speciale.

Canalul de telecomunicaţii	Lăţimea benzii de frecvenţe
O linie telefonică interurbană obişnuită (fără instalaţii suplimentare)	5 000 herţi
Cablu de înaltă frecvenţă	150 000 „
Cablu coaxial interurban, special	4 000 000 „
Linia de radiorelee (în unde centimetrice)	500 000 000 „

După cum se vede din această mică tabelă, banda de frecvenţe a unei linii telefonice obişnuite este foarte mică. Cablurile de înaltă frecvenţă lasă să treacă o astfel de bandă de frecvenţe, încît se poate transmite prin

ele simultan un program de radiodifuziune, fototelegraf şi un număr foarte mare de convorbiri telefonice şi comunicări telegrafice. Un cablu coaxial de înaltă frecvenţă, special, poate fi folosit chiar şi pentru transmiterea programelor de televiziune, este drept cu o oarecare reducere de definiţie. Recordul în ceea ce priveşte lăţimea de bandă este bătut de liniile radiorelee. Prin liniile de radiorelee pot să se transmită simultan — nu numai programele de televiziune cu o definiţie perfectă, ci şi un mare număr de emisiuni radiofonice şi de transmisiuni fototelegrafice, convorbiri telefonice etc. Prin aceasta se explică atenţia deosebită care se acordă acum dezvoltării liniilor de telecomunicaţii prin radiorelee.

Programele de radiodifuziune în unde lungi şi medii sînt limitate de banda menţionată de 4 500 herţi. O astfel de bandă relativ îngustă este determinată de necesitatea de a amplasa în aceste benzi un număr cît mai mare de posturi de emisie care să funcţioneze fără perturbări reciproce. În undele scurte, care cuprind un interval de frecvenţe mult mai mare, posturile pot fi repartizate „mai liber", şi de aceea ele folosesc o bandă de frecvenţă



mai largă — pînă la 5 000···6 000 herți și emisiunile lor sună mai natural, mai „plin", decît în undele lungi sau medii. Și mai mult „spațiu" există în undele ultrascurte, în special în cazul modulației de frecvență, unde poate fi redată integral întreaga bandă de frecvențe auzite cu o gradație naturală a volumului.

Care este banda de frecvență a instalațiilor de înregistrat sunetele? Datele referitoare la modurile principale de înregistrat sunetul sînt expuse în tabelă.

Felul înregistrării sunetului	Banda de frecvențe înregistrate (herți)
Inregistrarea mecanică (plăci de patefon)	60 — 6 000
Inregistrarea optică (peliculă cinematografică)	50 — 7 000
Inregistrarea magnetică (bandă de magnetofon)	30 — 10 000

După cum vedem, banda de frecvențe cea mai largă poate fi înregistrată prin procedeul magnetic. Magnetofoanele moderne, de bună calitate, înregistrează practic aproape întreaga bandă de frecvențe care asigură o sonoritate foarte bună.

Care este banda de frecvențe redată de instalațiile de redare moderne? Doar tocmai ele determină calitatea sonorizării. Oricît de bune ar fi calitățile microfoanelor, emițătoarelor, liniilor, amplificatoarelor, plăcilor de patefon, benzilor de magnetofon etc., urechea noastră percepe doar ceea ce redă ultima verigă a lanțului, respectiv instalația de redare a sunetului.

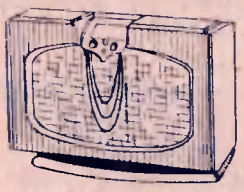
Aceste instalații de redare sînt în prezent membranele mecanice ale patefoanelor și difuzoarelor electromecanice, folosite pentru redarea înregistrării optice și magnetice și a emisiunilor de radio. În tabela din p. 296 sînt înscrise datele cu privire la banda de frecvențe redată de aceste instalații.

Examinînd această tabelă, devine clar de ce redarea plăcilor de patefon pe cale electrică depășește calitativ redarea acustică; patefonul nu este în stare să redea banda

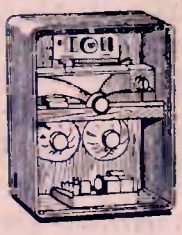
100 - 4000 Hz

80 - 5000 Hz

60 - 6500 Hz



40 - 10000 Hz



30 - 15000 Hz

de frecvențe înregistrată pe placa de patefon, în timp ce instalațiile electrice de sonorizare de bună calitate o redau integral. În general însă, cele mai bune agregate de difuzoare redau o bandă mai largă decît banda care ar putea fi înregistrată prin orice procedeu cunoscut. Tehnica redării a depășit în prezent tehnica înregistrării.

Instalația de redare a sunetului	Banda de frecvențe redate (herți)
Mecanică (membrana-cornetul acustic) . .	100 — 4 000
Difuzor electrodinamic de bună calitate	80 — 5 000
Agregat din două difuzoare (coresunzător aparatului de radio cu pick-up clasa I)	50 — 6 500
Agregat din mai multe difuzoare de înaltă calitate (cele mai bune aparate de dadio cu pick-up și instalații cinematografice)	40 — 12 000
Cele mai bune agregate din mai multe difuzoare de înaltă calitate (instalații de control)	30 — 15 000

Banda de frecvenţe şi frecvenţa transmisiei

$F_{p.urt.} \geq 10\, F_{mod.}$

În capitolul precedent se indică benzile de frecvenţe necesare pentru diferite transmisiuni. Diferenţa în ceea ce priveşte lăţimea acestor benzi este enormă: de la cîţiva zeci de herţi, necesari pentru telegrafia cu manipulare manuală, pînă la cîteva milioane de herţi, necesară pentru teleziviune.

Lăţimea benzii de frecvenţe este strîns legată de frecvenţa emiţătorului, care va transmite această emisiune. Să presupunem că alegem frecvenţa pentru emiţătorul de radiodifuziune cu modulaţie în amplitudine. Sîntem oare liberi în această alegere, putem oare să ne oprim asupra oricărei frecvenţe care ne place, de exemplu asupra frecvenţei corespunzătoare undei de zece mii metri.

Nu, nu putem. Între frecvenţa emiţătorului şi lăţimea benzii de frecvenţe transmisă există o dependenţă — de obicei se consideră că lăţimea benzii frecvenţelor transmise nu trebuie să depăşească aproximativ 10% din frecvenţa emiţătorului, adică frecvenţa lui purtătoare. Banda de frecvenţe a emisiunii în radiodifuziune trebuie să fie de 4 500 herţi, adică 4,5 kiloherţi. De aceea, pentru transmiterea programului de radiodifuziune cu modulaţie de amplitudine, este necesară o frecvenţă purtătoare de cel puţin 45 kiloherţi, adică o undă cu lungimea de cel mult 6 600 metri, iar pentru o transmisiune telefonică, pentru care este necesară banda de 3,4 kiloherţi, este necesar un emiţător care funcţionează pe o undă de

cel mult 8 800 metri. Programele de radiodifuziune transmise pe undele mai lungi decît 6 600 m şi convorbirile telefonice pe undele mai lungi decît 8 800 m, vor fi însoţite de distorsiuni cu atît mai mari, cu cît lungimea de undă depăşeşte mai mult valorile limită indicate. În tabela de mai jos se dau unele lungimi de undă şi valorile extreme corespunzătoare ale benzii de frecvenţe, care poate fi transmisă.

Lungimea de undă (m)	Frecvenţa (kiloherţi)	Lăţimea maximă a benzii de frecvenţe transmise (kiloherţi)
20 000	15	1,5
10 000	30	3
2 000	150	15
1 000	300	30
200	1 500	150
100	3 000	300
20	15 000	1 500
10	30 000	3 000
2	150 000	15 000

Din această tabelă se vede că undele mai lungi decît 10 mii metri pot fi folosite numai pentru emisiunile în telegrafie. Fototelegrafia se poate face pe aproximativ aceleaşi unde ca şi emisiunile radiofonice cu modulaţia în amplitudine etc. Pentru emisiunile de televiziune se pot folosi doar unde foarte scurte — mai scurte decît 10 m. În realitate, pentru televiziune se folosesc undele de aproximativ $0{,}5 \cdots 7$ metri.

EVOLUTIA detectorului

Din momentul în care A. S. Popov a folosit pentru prima oară detectorul lui pentru detectarea undelor electromagnetice, au trecut aproape 60 de ani. De atunci detectorul, ca şi toate celelalte elemente ale receptorului de radio, s-a perfecţionat necontenit, însă pînă în prezent continuă să rămînă o parte obligatorie a oricărui receptor de radio.

Este interesant să se urmărească modificările pe care le-a suferit detectorul în acest timp.

În receptorul lui A. S. Popov servea drept detector o ţeavă umplută cu pilitură fină, numită coheror. Sub acţiunea oscilaţiilor electromagnetice, rezistenţa spaţiului umplut cu pilitură se micşorează brusc şi A. S. Popov a folosit aceasta pentru detectarea undelor electromagnetice din spaţiul înconjurător.

Cohererul avea o sensibilitate foarte mică. El nu a putut să capete o largă utilizare şi în curînd a fost înlocuit cu un detector format la început din cărbune-oţel (A .S. Popov, 1901), iar după aceea din cristalul unui mineral oarecare şi un vîrf de metal în contact cu acesta. Funcţionarea detectorului s-a bazat pe proprietatea acestui cuplu de a conduce bine curentul într-un sens şi a fi aproape neconducător pentru curentul de sens invers. Cel mai mare neajuns al detectoarelor cu cristal, utilizate larg pînă în ajunul celui de al II-lea război mondial îl formează nestabilitatea funcţionării lor. Conduc-

tibilitatea unilaterală nu este proprie întregii suprafeţe a cristalului, ci numai unor puncte izolate ale acestuia. Nu a fost uşor de găsit un punct sensibil, iar găsindu-l era necesar să se protejeze detectorul în fel şi chip împotriva şocurilor şi trepidaţiilor, întrucît era suficientă o cît de mică deplasare a vîrfului de pe punctul sensibil pentru ca detectorul să înceteze să funcţioneze.

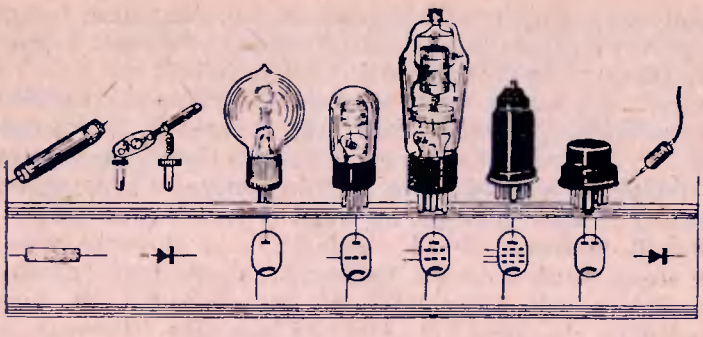
Apariţia tubului electronic s-ar părea că a rezolvat problema detecţiei. Dioda posedă o conductibilitate unilaterală ideală, adică este un detector ideal. Dioda funcţionează stabil şi nu se teme de trepidaţii.

Dioda s-a dovedit însă a fi mai puţin sensibilă la semnalele slabe decît detectorul cu cristal. Afară de aceasta, pentru alimentarea filamentului de încălzire trebuie să dispunem de o baterie sau de o altă sursă de curent. Toate acestea au dus la faptul că detectorul cu cristal nu a fost totuşi eliminat de diodă din receptoarele din acea vreme.

O revoluţie în tehnica recepţiei, provocată de apariţia tubului cu trei electrozi cu amplificarea lui enormă, a dus — de asemenea — la perfecţionarea detectorului. În receptoarele cu tuburi au început să se folosească numai detectoare cu triodă care au înlocuit complet detectoarele cu cristal. Cea mai mare răspîndire a căpătat-o detectorul cu detecţia pe grilă, care se remarcă printr-o mare sensibilitate şi are capacitatea de a detecta semnale foarte slabe. Un avantaj enorm îl are detectorul de grilă, în comparaţie cu detectorul cu cristal, prin faptul că detectorul de grilă nu numai că detectează, ci — simultan — chiar amplifică semnalele, în timp ce detectorul cu cristal nu dă nici un fel de amplificare. Datorită acestor calităţi, detectorul de grilă a păstrat timp de mulţi ani monopolul în receptoarele cu tuburi.

Pe timpul acela, detectoarelor li se pretindea mai ales o înaltă sensibilitate.

Apariţia tuburilor cu ecran nu a eliminat detectorul de grilă din receptoarele cu amplificare directă. Perfecţionarea montajului a constat doar în faptul că, în loc de



triodă, pentru detecţia de grilă a început să se folosească tetroda.

O răspîndire mult mai redusă a căpătat detectorul de placă, care posedă o sensibilitate mai mică, adică detectează slab semnalele de intensitate mică.

După trecerea la montajele superheterodină, condiţia de înaltă sensibilitate a detectorului a devenit secundară, întrucît amplificarea oscilaţiilor slabe de înaltă frecvenţă nu constituie o dificultate. Pe prim plan a apărut condiţia distorsiunilor minime. Tocmai din acest punct de vedere, detectorul de grilă s-a dovedit a fi cel mai puţin satisfăcător — el avînd distorsiuni importante.

Rezultate ceva mai bune dădea în această privinţă detectorul de placă, însă după cum au arătat cercetările, distorsiunile minime erau asigurate de un simplu detector cu diodă. Acest detector s-a înrădăcinat în practică şi în cursul ultimilor ani a constituit — practic — unicul tip de detector în receptoarele superheterodină. Detectorul cu diodă detectează deosebit de bine semnalele cu o amplitudine relativ mare şi dacă elementele montajului sînt corect alese, nu introduce — în mod practic — nici un fel de distorsiuni.

Pe măsura trecerii la frecvenţe mai înalte, elementele montajului receptorului superheterodină se modificau, adaptîndu-se condiţiilor noi. Rămînea neschimbat doar detectorul — dioda îşi îndeplinea perfect sarcinile. Mai

mult decît atît, în undele decimetrice, domeniul de aplicare al detectorului s-a extins: dioda a înlocuit tuburile complexe cu mulţi electrozi; ea s-a dovedit a fi tubul de amestec cel mai indicat în superheterodina pentru banda decimetrică. Creşterea însă mai departe a frecvenţelor de lucru a zdruncinat reputaţia neîntinată pînă atunci a diodei; ea nu mai putea să funcţioneze în unde centrimetrice. Capacitatea dintre anod şi catod, care atinge la diodele obişnuite 3···4 picofarazi, s-a dovedit excesiv de mare pentru aceste frecvenţe; ea şuntează dioda şi creează o cale lăturalnică pentru oscilaţiile de înaltă frecvenţă, deoarece impedanţa ei la aceste frecvenţe este neînsemnat de mică. De exemplu, pentru undele de 10 cm ea este doar de aproximativ 13 ohmi.

Aici a trebuit din nou să se reamintească de existenţa detectorului cu cristal care — după mici transformări de ordin constructiv — s-a dovedit a fi perfect utilizabil pentru frecvenţele ultraînalte. El posedă o capacitate neînsemnată, întrucît suprafaţa de contact a vîrfului cu cristal se evaluează la fracţiuni de microni.

Detectoarele cu cristal moderne pentru frecvenţe ultraînalte sînt lipsite de neajunsul principal, despre care s-a vorbit la început, — nestabilitatea „punctului", iar capacitatea lor este redusă la numai 0,1...0,2 picoforazi. Construcţia lor asigură o funcţionare stabilă. Ca material se foloseşte siliciul, iar pentru vîrf — o sîrmă subţire de wolfram. Rezultate şi mai bune dau detectoarele cu germaniu, care au căpătat extindere în ultimii ani; la aceste detectoare, vîrful de sîrmă poate fi uneori chiar sudat la suprafaţa cristalului.

Detectoarele cu cristal îşi găsesc utilizare în receptoarele de televiziune şi radiolocaţie. Ele se utilizează larg in aparatajul radiotehnic de măsurat, pentru măsurări în frecvenţele înalte.

Astfel, în decurs de aproximativ 50 de ani, detectorul a străbătut o cale de dezvoltare interesantă: detectorul cu cristal — diodă — triodă — tub cu mai mulţi electrozi — diodă — detectorul cu cristal. Inseamnă oare aceasta că cercul s-a închis şi radiotehnica a revenit la punctul

de plecare? În nici un caz. Ea nu a revenit în punctul de plecare — la detectorul vechi. Cu toate că în detectorul cu cristal din zilele noastre se foloseşte acelaşi principiu, execuţia tehnică a detectorului este la un nivel incomparabil mai înalt. Stabilitatea şi siguranţa de funcţionare ale acestui detector nu se compară în nici un fel cu detectorul cu cristal din primele zile ale radiotehnicii.

Se poate oare calcula cîte milioane de ore au fost cheltuite de radiotehnicienii şi radioamatorii din întreaga lume pentru a căuta „punctul" sensibil la detectorul cu cristal?!

Aceşti detectori — timp de aproape un sfert de veac, încă de pe vremea lui A. S. Popov — au constituit echipamentul radiotehnicienilor profesionişti din toate ţările, iar după aceea au trecut ca o moştenire la radioamatori. Cel puţin un deceniu receptorul cu galenă a fost receptorul pentru radioamatori, cel mai răspîndit. El se foloseşte larg şi în zilele noastre, cu toată dezvoltarea extraordinară a aparatajului cu tuburi electronice. Recent radioamatorii au căpătat detectoare cu punct fix, care au dispensat pe proprietarii receptoarelor cu detector cu cristal de necesitatea obositoare de a tatona cristalul cu ajutorul spiralei, căutînd „punctul" insezisabil. Ce fel de „punct" minunat este acesta?

Timp de patru decenii detectorul cu cristal a păstrat taina „punctului" său. În diferite perioade se creau diverse ipoteze în scopul de a explica latura fizică a funcţionării detectorului cu cristal. A fost răspîndită, de exemplu, ipoteza arcului, conform căreia funcţionarea detectorului se explica prin apariţia în locul contactului vîrfului spiralei cu cristalul, a unor arcuri electrice microscopice. După aceea a apărut ipoteza „contactelor", după care conductibilitatea unilaterală a detecto-

rului ar fi determinată de diferența potențialelor de contact.

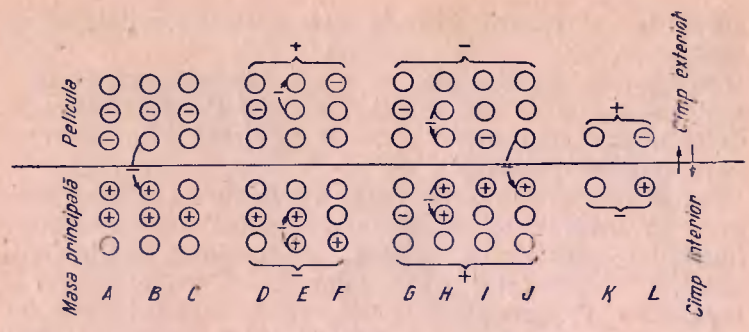
Însă ipoteza „contactelor" a avut aceeași soartă ca și ipoteza „arcului". Cercetările au dovedit că acțiunea de detecție a cristalului nu poate fi explicată prin diferența potențialelor de contact.

„Taina" detectorului cu cristal a început să se dezvăluie doar în ultimii ani dinainte de război, ca rezultat al lucrărilor unui șir de fizicieni. în special a academicianului A. F. Ioffe și a profesorilor B. I. Davîdova și V. E. Laşcareva. Proprietatea de detecție a cristalului s-a dovedit a fi o urmare a particularităților conductibilității semiconductoarelor.

În capitolul „Patru feluri de curent electric" s-a vorbit deja despre existența la semiconductoare a două feluri de a conduce curentul: electronică și prin goluri. Cristalele detectoare posedă particularitatea că, pe suprafața lor se formează o peliculă care posedă o conductibilitate diferită în comparație cu cristalul. Dacă, de exemplu, cristalul posedă conductibilitatea prin goluri, pelicula de la suprafața lui are conductibilitatea electronică și invers. Limita de contact a peliculei superficiale cu corpul cristalului formează o zonă specială, denumită strat de blocare și care are grosimea doar de zecimi de miimi de milimetru.

Să presupunem că dispunem de un cristal la care conductibilitatea masei principale este prin goluri, iar a peliculei superficiale este electronică, adică în masa principală a semiconductorului există o anumită cantitate de atomi de impuritate care se despart cu ușurință de unul dintre electronii lor, iar în pelicula de suprafață există atomi de impuritate, care captează cu ușurință electronii de prisos.

Să urmărim — în linii generale — procesele electrice care se vor produce în zona de contact a peliculei superficiale cu corpul semiconductorului. Pentru o mai bună demonstrație, pe figură sînt reprezentate „coloane" subțiri de atomi situate în peliculă și în corpul cristalului, perpendicular la suprafața peliculei.



Coloana A caracterizează momentul inițial al atingerii peliculei cu corpul. Atomul cu electronul de prisos, care intră în componența peliculei, s-a găsit alături de atomul corpului de bază al semiconductorului, lipsit de electron, adică alături de un „gol". Cîmpul electric care va exista între acești doi atomi va face ca electronul să treacă de la atomul negativ la cel pozitiv (B). Ca rezultat, atomii aflați în contact vor deveni neutri, în zona de contact nu vor mai exista sarcini, formîndu-se un strat de blocare (C).

Dacă cristalului i se aplică o tensiune cu plusul la peliculă și cu minusul la corpul cristalului (D), în interiorul cristalului va apare un cîmp electric, reprezentat în figură prin săgeți (E). Acest cîmp face ca electronii să se deplaseze în sensul săgeților. Sub influența acestui cîmp, atomii peliculei mai îndepărtați de stratul de blocare, avînd electroni în exces, îi vor transmite atomilor și mai îndepărtați, iar „golurile" impurităților din corpul cristalului se umplu cu electroni cedați de atomii mai îndepărtați de stratul de blocare. Ca rezultat, stratul de blocare va deveni mai gros (F) și rezistența lui va crește. În cazul acestei polarități a tensiunii aplicate, cristalul nu va conduce curentul.

Dacă se aplică tensiunea de polaritate inversă, imaginea se modifică (G). Electronii încep să se deplaseze în sens invers (H, I și J). Stratul de blocare va începe să se subțieze și poate să dispară complet. Astfel, cristalul va avea o conductibilitate într-un singur sens.

La această expunere, apare — de obicei — o întrebare: de ce, în condițiile reprezentate, în coloana (D) nu se produce schimb de electroni între atomii în contact ai peliculei și corpul cristalului? Sub linia de separație se află în acest caz atomul impurității care se desparte cu ușurință de un electron, iar în partea superioară atomul impurității, care primește cu ușurință un electron în plus; în ceea ce privește cîmpul electric aplicat cristalului, el favorizează o asemenea trecere a electronului (K). În cadrul acestei expuneri nu trebuie însă să se uite că, dacă se va produce într-adevăr o asemenea trecere a electronului (K și L), între acești doi atomi apare imediat un cîmp care tinde să reîntoarcă electronul în poziția inițială.

Ca rezultat, asupra electronului va acționa un ansamblu de două cîmpuri: exterior, care tinde să mențină electronul care a trecut și „interior", care tinde să readucă electronul înapoi. De obicei, cîmpul „interior" este mai puternic, deoarece atomii se află foarte aproape unul de altul. Se poate însă întîmpla, ca acest cîmp exterior să fie mai puternic și un astfel de transport de electroni se va începe în realitate. Aceasta va însemna că stratul de blocare este „străpuns" — cristalul s-a aflat sub o tensiune de străpungere. „Punctul" de redresare va înceta să mai existe și va trebui să se găsească un punct nou.

Astfel, rezistența cristalului depinde de polaritatea tensiunii aplicate: într-un sens ea este mai mare (stratul de blocare devine mai gros), iar celălalt — mai mică (stratul de blocare devine mai subțire și chiar dispare complet). Datorită acestei conductibilități unilaterale, cristalul are proprietăți detectoare.

Pelicula superficială de pe cristal nu este perfect identică în toate părțile. Caracterul ei depinde de multe cauze și — în special — de conținutul de impurități. De aceea, „punctul" trebuie să fie căutat. Natural că, cu cît este mai mică suprafața de contact a spiralei cu cristalul, cu atît avem mai multe șanse că se va reuși să se găsească suprafața cu peliculă omogenă. De aceea, vîrful spiralei trebuie bine ascuțit: suprafața de contact tre-

buie să fie de ordinul zecimilor de microni. Presiunea prea puternică a vîrfului poate să deterioreze pelicula. Sîrma de contact cu cristalul trebuie răsucită în spirală, limitînd astfel posibilitatea apăsării puternice. Sub acțiunea impulsurilor electrice puternice, de exemplu, datorită intensității descărcărilor atmosferice, pelicula se distruge și „punctul" dispare. De aceea „punctul" nu se păstrează un timp îndelungat.

Doar în ultimii ani, natura fizică a funcționării cristalului a fost clarificată, s-au putut face cristale cu peliculă superficială omogenă și rezistentă, asigurînd un contact optim cu sîrmulița, care funcționează în aceeași pereche cu cristalul.

Detectoarele cu siliciu și germaniu moderne au o sensibilitate foarte mare și un „punct" foarte constant. Detectoarele cu cristal — legate indisolubil în amintirile noastre cu cel mai simplu receptor cu galenă, funcționează cu succes acum în cel mai complicat aparataj radiotehnic — de televiziune și de radiolocație.

Tinerii concurenți ai tubului electronic

Tubul electronic nu este denumit degeaba tubul minune. El a dat posibilitate omului să realizeze multe din cele ce au constituit în decursul anilor doar obiectul unor vise.

Succesele și victoriile tubului electronic se datoresc faptului că funcționarea lui se bazează pe utilizarea electronilor extrem de ușori, practic imponderabili, care străbat cu viteze enorme spațiul fără aer din interiorul tubului și se supun instantaneu poruncilor electrozilor de comandă.

Poate cineva să concureze cu tubul electronic?

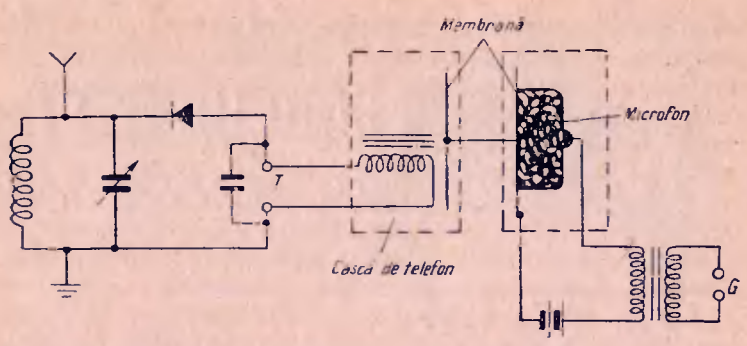
Se vede că poate.

Tubul electronic a cunoscut concurenți în trecut. El are concurenți foarte serioși și în prezent.

Primul care a încercat să rivalizeze cu tubul electronic este așa-numitul amplificator microfonic.

Partea principală a amplificatorului este microreceptorul telefonic și microfonul cu cărbune, ale căror membrane sînt articulate rigid între ele. Dacă se aplică o tensiune alternativă bobinei microreceptorului, în circuitul microfonului se poate obține — datorită energiei bateriei — o tensiune ceva mai mare.

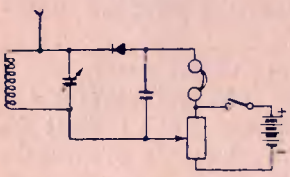
Astfel de amplificatoare consumă un curent foarte mare — aproximativ un sfert de amper, însă principalul lui neajuns îl formează distorsiunile mari. Ele au găsit în trecut o aplicare practică limitată doar la aparatele acustice pentru surzi. Condițiile principale impuse apa-



ratelor pentru surzi au fost greutatea și dimensiunile reduse. Distorsiunile nu joacă un rol prea mare. semnalul trebuie doar să fie inteligibil.

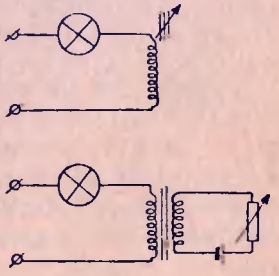
Tuburile electronice au concurat la început cu greu în aparatele pentru surzi cu amplificatoarele electronice datorită dimensiunilor mari ale tuburilor însăși și a economicității. Tuburile de ultimile tipuri însă, în special tuburile miniatură și subminiatură, au permis să se construiască aparate pentru surzi foarte compacte, ușoare și economice, care permit să se obțină o amplificare mare, cu o mare naturaleță a redării. De aceea, în aparatele pentru surzi, amplificatoarele microfonice nu se mai folosesc. Încercările de a utiliza aceste amplificatoare pentru receptoarele cu detectoare cu cristal nu s-au încununat cu succes, din diferite motive, dintre care cel mai important este, din nou, existența distorsiunilor importante și consumul mare de curent.

Un al doilea concurent al tubului electronic a fost detectorul cu cristal de zincită care, ca rezultat al unei prelucrări speciale efectuate de colaboratorul laboratorului de radio din Nijegorodsk, O. V. Losev, și în condițiile de funcționare determinate de el, putea să genereze și să dea o anumită amplificare.



Losev a construit un receptor cu un detector cu cristadină cu mult mai sensibil decît un receptor cu detecție obișnuit. Cristadinele au

căpătat extindere, însă au fost substituite de tubul electronic, care a funcţionat mult mai stabil şi dădea o amplificare mai mare.
Astfel, tubul electronic a reuşit în trecut să se descurce destul de bine cu concurenţii lui.
Tubul electronic este nevoit să ducă o luptă mult mai grea cu concurenţii săi în zilele noastre.
În diferite domenii de aplicare concurează cu succes cu tubul electronic şi amplificatoarele magnetice (transductoarele).
Principiul de funcţionare a transductoarelor constă în următoarele. După cum se ştie, valoarea impedanţei bobinei în curent alternativ depinde de inductanţa ei. La bobinele cu miez, valoarea inductanţei depinde de permeabilitatea magnetică a miezului. Noi putem, de exemplu, conecta o lampă de iluminat la reţeaua de curent alternativ printr-o bobină. Atîta timp cît bobina nu va avea miez, lampa va arde dînd o lumină puternică. Dacă se începe să se introducă miezul în bobină, impedanţa bobinei începe să crească şi lumina produsă de lampă se va micşora. Cu cît este introdus mai mult miezul şi cu cît este mai mare permeabilitatea lui magnetică, cu atît lampa va arde mai slab.
Valoarea permeabilităţii magnetice poate fi variată prin magnetizarea suplimentară a miezului, în curent continuu. Dacă în experienţa noastră se bobinează pe miezul bobinei o înfăşurare suplimentară şi se lasă să treacă prin ea curentul continuu, prin variaţia valorii acestui curent se va putea regla gradul de încălzire al tubului. Dacă în bobinajul suplimentar nu există curent continuu, incandescenţa lămpii va fi minimă. Dacă valoarea curentului continuu se măreşte pînă la valoarea care corespunde saturării miezului, incandescenţa lămpii va fi maximă. În cazul valorilor intermediare ale intensităţii curentului continuu, se poate obţine orice grad de iluminare a lămpii, între valorile maximă şi minimă.



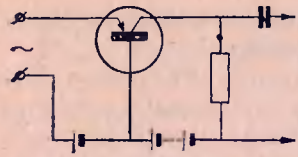
Astfel, magnetizînd miezul în curent continuu se poate varia valoarea curentului alternativ din bobinajul secundar, executat pe acest miez. Totodată este extraordinar faptul că variaţii foarte mici ale curentului de polarizare provoacă variaţii puternice ale curentului alternativ din bobinajul secundar. După cum curentul anodic al tubului electronic reacţionează fin la variaţiile tensiunii de grilă, astfel şi curentul din bobinajul secundar al transformatorului reacţionează fin la variaţii cît de mici ale curentului continuu din bobinajul de polarizare. Această particularitate a transformatoarelor permite utilizarea lor pentru amplificare, adică realizarea de transductoare.

Transductoarele permit să se obţină amplificări enorme — de zeci şi chiar de sute de mii; ele sînt foarte compacte, nu se tem de şocuri şi trepidaţii şi posedă multe calităţi preţioase, avînd însă şi neajunsuri. Principalul neajuns este faptul că ele funcţionează deocamdată bine doar la frecvenţele joase, care nu sînt mai mari de frecvenţele audio joase. Există însă motive să se presupună că acest neajuns va fi depăşit. În orice caz, domeniul de aplicaţie, mai ales sub formă de relee foarte sensibile, de unde transductorul elimină tubul electronic, se extinde tot mai mult.

Transductoarele sînt rivali periculoşi pentru tuburile electronice însă, probabil, un „pericol" şi mai mare le pîndeşte din partea aparatelor electronice cu semiconductoare. Cristadina lui O. V. Losev, la timpul său nu a rezistat asaltului tubului electronic şi a cedat poziţiile rivalului mai norocos. Ea însă nu a fost uitată complet. Multe lucruri de neînţeles existau în funcţionarea cristalelor atît în al lui Losev cît şi în detectoarele cu cristal obişnuite. Cercetători cutezători — pionerii ştiinţei — continuau studiul lor care s-a dovedit a fi foarte rodnic şi astfel s-a născut şi s-a dezvoltat un alt domeniu al ştiinţei — ştiinţa despre semiconductoare.

Dispozitivele cu semiconductoare posedă multe proprietăţi preţioase. Felurile şi domeniile de aplicare ale acestora se lărgesc necontenit. Redresoarele cu cuproxid şi seleniu, condensatoarele electrolitice, termogeneratoarele

cele mai recente — toate acestea sînt dispozitive cu semiconductoare, bine înrădăcinate în tehnică.
Dispozitivele cu semiconductoare au obținut succese deosebit de mari în ultimul timp; ele se cunosc sub denumirea de diode și triode (tranzistoare) cu cristal.
Însăși denumirea ne spune multe. Diodele și triodele cu cristal, fiind în fond detectoarele cu cristal de mai înainte, au căpătat denumirile tuburilor — diode și triode. Aceasta nu este o denumire ironică, o denumire care se ia între ghilimele. Ea într-adevăr reflectă cel mai bine proprietățile detectoarelor de tipul cel mai nou. Aceste detectoare cu cristal, acum nu numai că pot să înlocuiască în diferite aplicații tubul electronic, ci adesea chiar dau rezultate mai bune decît tubul.
Această ascensiune a „tubului de cristal" s-a început după nașterea radiolocației, legată de frecvențele ultraînalte. Detectarea la aceste frecvențe impune detectorului anumite condiții, care nu au putut fi îndeplinite de către tubul electronic. Oricît de mici sînt dimensiunile tuburilor moderne, totuși distanța de la grilă la catod se măsoară în milimetri sau, în cazul cel mai bun, în fracțiuni mari de milimetru. Timpul cheltuit de electron pentru a străbate această distanță la frecvențele ultraînalte este comensurabil cu perioada de oscilație și aceasta face ca tubul să fie de neutilizat. Capacitatea de ieșire mare a tubului, de cîțiva picofarazi, și inductanța bornelor îngreunează și ele funcționarea la frecvențe mari. O piedică importantă o formează și zgomotele proprii ale tubului.
La detectoarele cu cristal toate procesele se produc într-un strat cu grosimea de aproximativ a zecea mie parte dintr-un milimetru. Capacitatea de intrare a diodei cu cristal este aproximativ 0,1 picofarad, iar diodele cu cristal sînt cu atît mai puțin „zgomotoase" cu cît este mai mare frecvența. Forțele diodei cu vid și cu cristal s-au dovedit a fi evident inegale. Cristalul și-a luat revanșa și a eliminat tubul de pe una din poziții, între altele descurcîndu-se minunat de obligațiile de amestecător.

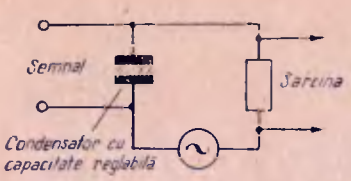


Această victorie nu a fost însă, ca să ne exprimăm în termeni militari, „locală", adică limitată la un singur loc, într-o oarecare măsură accidentală și de mică importanță. S-a stabilit că cristalele pot să amplifice oscilațiile electrice. Dacă se ia un semiconductor de bună calitate, de exemplu, germaniul, și se sudează la el în loc de o singură sîrmă de contact ca în detectorul obișnuit. două sîrme, la distanța de cîțiva zeci de microni, în montajul cu o asemenea „triodă" se poate obține o amplificare. Mecanismul acestei amplificări va fi examinat în cele ce urmează. Tranzistoarele sînt extrem de mici, ușoare, economice și comode; utilizarea lor promite multe avantaje. Diodele cu cristal și tranzistoarele se află acum în etapa de dezvoltare în care a fost tubul electronic, aproximativ în perioada introducerii în el a primei grile. Indiscutabil că dezvoltarea lor ulterioară va fi marcată prin victorii tot atît de mari ca acelea pe care le-a repurtat la timpul său, tubul electronic. Tubul electronic va trebui să se restrîngă și să cedeze locul într-o serie de aplicații, dispozitivului cu cristal, care își trăiește a doua naștere.

Încă un concurent

În ultimul timp a apărut încă un concurent al tubului electronic şi — ceea ce este mai interesant — la prima vedere este greu să ne închipuim că acesta este capabil de aşa ceva. Oricît de curios ar părea, acest concurent este condensatorul. Este drept că acest condensator nu este de tipul obişnuit, ci cu un dielectric posedînd proprietăţi deosebite: în primul rînd, o constantă dielectrică ultraînaltă şi, în al doilea rînd, capacitatea de a schimba mărimea — între limite destul de largi — sub acţiunea tensiunii aplicate condensatorului. Astfel de proprietăţi posedă în particular, dielectricii ca titanaţii de bariu şi titanaţii de bariu-stronţiu. O mică variaţie a tensiunii aplicată condensatorului cu acest dielectric, provoacă o variaţie bruscă a capacităţii lui. În condensatoarele obişnuite, o asemenea inconstanţă este un mare neajuns, deoarece nestabilitatea valorii capacităţii (dependenţa ei de tensiune), nu permite utilizarea condensatorului acolo unde este necesară o capacitate constantă. Aceeaşi proprietate însă, a sugerat ideea posibilităţii utilizării condensatoarelor cu acest dielectric special pentru a crea amplificatoare care au căpătat denumirea de amplificatoare dielectrice.

Ideea care stă la baza funcţionării acestui amplificator este asemănătoare cu principiul de funcţionare al transductorului. În transductor se foloseşte dependenţa impedanţei bobinei în curent alternativ de valoarea inductanţei ei; aceleaşi proprietăţi posedă şi condensatorul.



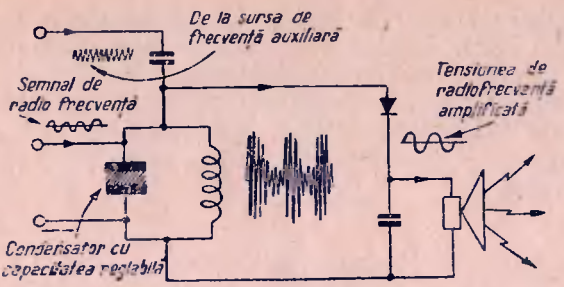
Impedanța lui în curent alternativ depinde de valoarea capacității și va fi cu atît mai mică, cu cît este mai mare capacitatea. Prin urmare conectînd condensatorul la circuitul cu o sursă de curent alternativ se poate regla valoarea curentului în circuit, variind capacitatea condensatorului. În serie cu condensatorul se poate conecta o sarcină, de exemplu, o simplă rezistență. Atunci pe sarcină se va produce o cădere de tensiune, proporțională cu curentul din circuit: dacă curentul din circuit va varia, va varia în mod corespunzător și căderea de tensiune de pe sarcină.

Tocmai această dependență se folosește în amplificatorul dielectric. Acțiunea acestui amplificator se bazează pe faptul că o cît de mică mărire sau micșorare a tensiunii aplicate este însoțită de variații importante ale capacității lui și duce la variații respectiv mai mari ale valorii curentului care se scurge prin condensator. Ca rezultat, pe sarcină se obține o tensiune alternativă, a cărei valoare variază proporțional cu semnalul aplicat, adică cu tensiunea aplicată condensatorului.

Aici apar multe puncte comune cu transductorul, în care se folosește principiul de variație a curentului prin circuit, prin variația inductanței sub acțiunea semnalului incident.

Amplificatorul dielectric are însă avantaje substanțiale: domeniul de aplicare a transductoarelor este limitat deocamdată la curenți cu frecvențele cele mai joase. Amplificatorul dielectric poate să funcționeze la frecvențe foarte înalte — pînă la cîțiva megaherți. Funcționarea la aceste frecvențe permite să se utilizeze o variantă a montajului amplificatorului și mai eficace.

În acest scop, condensatorul comandat se introduce în circuitul oscilant care se acordă în rezonanță cu frecvența sursei auxiliare de alimentare în curent alternativ de înaltă frecvență. După cum se știe, la rezonanță, impedanța acestui circuit este foarte mare și tensiunea



de pe el atinge un maxim. La dezacordare, tensiunea de pe circuit scade brusc. Această proprietate se poate folosi, de exemplu, pentru a obține amplificarea la frecvențe radio. Pentru aceasta, tensiunea de audiofrecvență amplificată se aplică pe condensator. Datorită acestui fapt capacitatea condensatorului va varia cu aceeași frecvență, iar împreună cu ea va varia și tensiunea de înaltă frecvență de pe circuit.

Printr-o alegere corespunzătoare a capacității condensatorului și a frecvenței sursei auxiliare de curent, se poate obține ca tensiunea de înaltă frecvență de pe circuit să varieze cu o valoare care depășește de multe ori tensiunea semnalului incident. Amplificatorul dielectric de acest gen își îndeplinește funcțiunile într-un mod curios: el este un fel de modulator-amplificator: tensiunea de înaltă frecvență de pe circuit este modulată de semnalul incident de audiofrecvență. Detectînd acum această tensiune modulată, noi separăm din ea tensiunea de audiofrecvență amplificată. Există date cu privire la faptul că un etaj al unui asemenea amplificator dielectric poate să dea o amplificare de putere a oscilațiilor de audiofrecvență, de cîteva sute și chiar mii de ori.

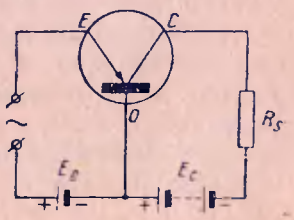
Varianta descrisă a montajului amplificatorului dielectric este doar una dintre variantele posibile. Avantajul unor asemenea amplificatoare constă în dimensiunile lor mici și rezistența mare, cum și în lipsa completă a consumului de energie pentru încălzirea catodului, care la amplificatorul dielectric nici nu există. Aceste avantaje

par destul de tentante pentru a putea aştepta ca în anii următori să se efectueze lucrări privind utilizarea practică a amplificatoarelor dielectrice.
Desigur că nu este exclusă posibilitatea descoperirii unor noi dispozitive avînd capacitatea de a amplifica. Numărul concurenţilor tubului electronic, indiscutabil se va mări.

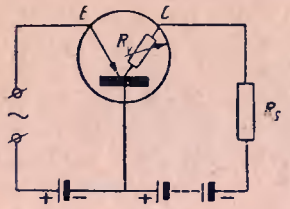
Deci AMPLIFICĂ TRANSISTORUL

Mecanismul amplificării transistoarelor este aproximativ același ca și al tuburilor electronice. El este foarte complicat și nu a fost încă clarificat în toate amănuntele. În linii generale, fără a intra în amănunte, ni-l putem închipui în felul următor.

Pe suprafața semiconductoarelor (v. capitolul „Taina receptorului cu cristal") se formează un strat cu un alt fel de conductibilitate decît a corpului lor. Să presupunem că semiconductorul are conductibilitatea electronică și — prin urmare — pe suprafața lui există un strat cu conductibilitate prin goluri. La acest semiconductor sînt sudate două conductoare E și C la distanța de aproximativ 50 microni unul de altul. Între fiecare dintre aceste conductoare și baza cristalului O este aplicată tensiunea de la sursele E_e și E_c cu polaritatea indicată. Pe contactul E este aplicată tensiunea pozitivă. El va atrage electronii și va favoriza formarea „golurilor" pe care le respinge. Al doilea conductor de contact C, la care este aplicată tensiunea negativă, va atrage „golurile"; el parcă le-ar colecta.



Contactul E se numește *emiter* (emițător), deoarece el emite (radiază) „golurile", iar contactul C — *colector* (culegător).



Nu este greu de văzut că valoarea curentului care străbate circuitul colectorului depinde de valoarea emisiunii „golurilor" de către emiter. În lipsa acestei emisiuni, în circuitul colectorului practic nu va exista curent, deoarece tensiunea negativă aplicată contactului C va favoriza formarea între stratul superficial și volumul cristalului a unui strat de blocare. „Golurile" emise de emiter și atrase de colectorul C vor crea un curent în circuitul acestuia, acest curent fiind cu atît mai mare cu cît este mai mare emisiunea.

În circuitul colectorului este introdusă o rezistență de sarcină R_s pe care — conform legii lui Ohm — la trecerea curentului prin circuit se va crea o cădere de tensiune. Cu cît este mai puternic curentul, cu atît va fi mai mare căderea de tensiune pe R_s. Întrucît, curentul din circuitul colectorului depinde însă de valoarea emisiunii „golurilor" de către emiterul E, se poate spune că valoarea căderii de tensiune pe rezistența de sarcină depinde de valoarea emisiunii „golurilor", iar aceasta din urmă la rîndul său este determinată de tensiunea alternativă din circuitul emiterului.

„Mecanismul" general al amplificării transistorului poate fi imaginat același ca și la trioda cu vid sau în general ca și la tuburile electronice cu vid (v. capitolul „De ce amplifică tubul"). Transistorul poate fi considerat ca o rezistență variabilă R_r, a cărei valoare depinde de emisiunea emiterului care — la rîndul ei — depinde de tensiunea aplicată. Această rezistență variabilă este legată în serie cu rezistența de sarcină a colectorului și sursa lui de alimentare. Conform cu variațiile rezistenței transistorului, se va produce o redistribuire a tensiunilor, între această rezistență variabilă și rezistența de sarcină. Cu alte cuvinte, totul se va produce ca și în tuburile electronice amplificatoare.

În montajele arătate — de conectare a transistorului — pe „anodul" lui este aplicat minusul. Aceasta nu este

obligatoriu. Dacă conductibilitatea întregului volum al cristalului ar fi prin „goluri", pe el s-ar forma stratul superficial cu conductibilitate electronică şi ar fi necesar să se inverseze polaritatea *E* şi *C*. Emiterul nu ar mai emite „goluri", ci electroni, însă principiul de funcţionare al transistorului nu se schimbă din această cauză.

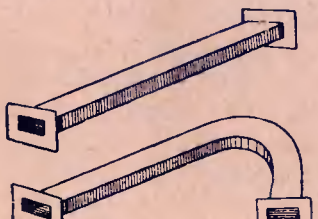
La transistoarele moderne însă, rolul principal îl are de obicei conductibilitatea electronică şi de aceea un asemenea „tub" funcţionează cu tensiunea negativă aplicată pe „anod".

Conductor din NECONDUCTOR

Radiotehnica modernă trece la utilizarea frecvenţelor tot mai înalte. Pentru televiziune se folosesc frecvenţele ultraînalte corespunzătoare cu undele avînd lungimea de cîţiva metri, iar pentru radiolocaţie şi aceste unde sînt prea lungi; pentru ea sînt necesare unde cu lungimea doar de cîţiva centimetri. Aceste unde centimetrice sînt produse de oscilaţiile de frecvenţă supraînaltă de mii de megaherţi (10^{12} herţi) şi posedă multe calităţi preţioase, permiţînd în special să se obţină o acţiune strict dirijată.

Se continuă lucrările cu unde şi mai scurte — milimetrice.

Frecvenţele supraînalte posedă un şir de particularităţi, care le diferenţiază de frecvenţele înalte şi ultraînalte mai obişnuite pentru noi. Astfel, de exemplu, pentru transmiterea energiei de frecvenţă supraînaltă, la lungimea de undă doar de cîţiva centimetri, conductoarele obişnuite sînt complet inutilizabile, chiar şi cablurile de înaltă frecvenţă introduc pierderi mari. Energia de această frecvenţă se transmite prin dispozitive speciale — ghiduri de undă, care sînt formate din ţevi metalice (cel mai des de cupru) de secţiune rotundă sau dreptunghiulară, ale căror dimensiuni transversale sînt



apropiate de lungimea de undă (însă nu sînt mai mici de jumătate). Undele electromagnetice se propagă în interiorul acestor

ţevi şi astfel se transmit, de exemplu, de la emiţător spre antenă sau de la antenă spre receptor. În acest caz pierderile de energie în ghidul de unde sînt foarte reduse.

Circuitele de rezonanţă pentru aceste frecvenţe au, de asemenea, o construcţie complet neobişnuită. La ele lipsesc bobinele sau condensatoarele separate, întrucît inductanţa chiar a unei singure spire este extrem de mare. Circuitul oscilant pentru undele centimetrice este un fel de cutie metalică cilindrică, dreptunghiulară sau de o configuraţie mai complexă, în interiorul căreia se produc oscilaţiile electromagnetice. Dimensiunile circuitului depind de lungimea de undă. De exemplu, pentru cilindru, diametrul trebuie să fie egal cu aproximativ jumătate din lungimea de undă. Circuitele oscilante de acest fel, propuse pentru prima oară de savantul sovietic M. S. Neiman, se remarcă printr-un factor de calitate excepţional de ridicat. El posedă toate proprietăţile caracteristice ale circuitelor de rezonanţă şi se numesc rezonatoare spaţiale, deoarece oscilaţiile se produc în interiorul lor.

Prin aceasta nu se epuizează însă particularităţile aparatajului pentru frecvenţe supraînalte. Una dintre multele proprietăţi extraordinare ale acestuia constă, de exemplu, în faptul că energia undelor cu lungimea de cîţiva centimetri se poate, după cît se vede, transmite printr-o linie din material izolant — dielectric.

Aceasta nu este o greşală de tipar: tocmai printr-un conductor din material „neconductor". Se dovedeşte că dacă se confecţionează ghidul de unde sub forma de bară de dimensiuni corespunzătoare, dintr-un dielectric care posedă pierderi mici şi o constantă dielectrică mare, energia electromagnetică se va propaga în lungul acestui ghid de unde, ca şi cum acesta ar fi executat din ţeavă metalică. Pentru undele cu lungimea de 1 ··· 3

cm asemenea ghiduri de unde dielectrice sînt uneori chiar mai avantajoase şi mai comode decît ghidurile metalice.

Acum probabil nu ne va mai mira faptul că pentru undele centimetrice se poate folosi o antenă nemetalică, din material izolant. O asemenea antenă este o mică bară din dielectric, îngroşată la un capăt şi care se îngustează treptat spre celălalt capăt. Puterea electrică se aplică antenei dinspre capătul ei gros. Pentru a radia undele cu lungimea, de exemplu, de 10 cm ar fi necesară o bară din polistirol, lungă de 33 ··· 40 cm şi avînd diametrul de 4,5 ··· 5 cm în partea îngroşată şi aproximativ 3 cm la capătul subţire. Se poate folosi şi un alt dielectric cu pierderi mici. O asemenea antenă va avea o directivitate bună în sensul de la capătul gros spre cel subţire.

Astfel, proprietăţile oscilaţiilor de frecvenţe supraînalte forţează să se renunţe la multe concepţii şi noţiuni înrădăcinate.

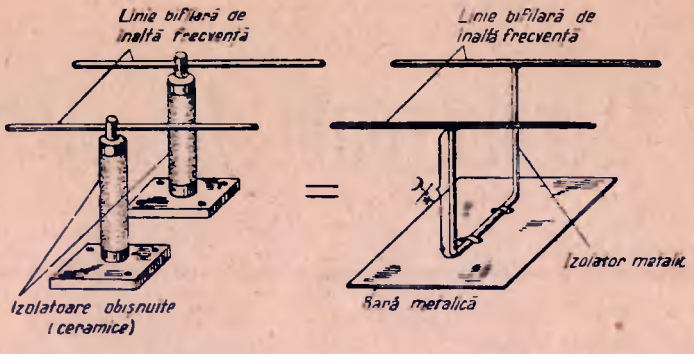
IZOLATORUL *Mecanic*

Ce se va produce dacă două conductoare străbătute de curent se scurtcircuitează printr-o punte metalică? Evident că, între aceste conductoare se va produce un scurtcircuit.

Aceasta desigur este adevărat, însă nu întotdeauna. În curent continuu, curent alternativ de frecvență industrială, acustică și chiar înaltă, puntea metalică va constitui un scurtcircuit. La frecvențele ultraînalte însă, punții metalice i se poate atribui o astfel de lungime încît comportarea conductorului se va schimba brusc: el parcă își pierde proprietatea de a conduce și se transformă în izolator.

Dacă, de exemplu, linia bifilară prin care se transmite energia oscilațiilor cu frecvența de 100 megaherți (unda de 3 m) se scurtcircuitează cu un conductor în U, ale cărui laturi au lungimea de 75 cm, o asemenea punte nu mai formează un scurtcircuit: linia se va comporta ca și cînd nu ar exista nici un fel de punte, părînd că puntea este făcută din material izolant. O linie bifiliară lungă poate fi fixată pe asemenea „izolatoare" metalice și nu se vor produce nici un fel de scăpări de energie.

Acest fenomen neobișnuit și care contrazice la prima vedere bunul simț, se explică prin faptul că procesele din conductoare capătă un caracter deosebit cînd lungimea conductorului este comensurabilă cu lungimea de undă. În cazul nostru, lungimea laturii suportului metalic (75 cm) este egală cu un sfert de lungime de undă



(3 : 4 = 0,75). Căpătăm un segment de linie bifilară cu lungimea de sfert de lungime de undă, scurtcircuitat într-o parte. Conectînd la linie un asemenea segment, prin care se transmite energia oscilațiilor, avînd aceeași lungime de undă, în el se excită așa-numitele unde staționare, care au particularitatea că la capătul deschis, adică în locul unde suportul face legătura cu linia, curentul este egal cu zero.

Dacă curentul este egal cu zero, aceasta este echivalent cu cazul cînd rezistența este infinită. Montantul metalic în sfert de lungime de undă are o rezistență infinit de mare pentru frecvența de rezonanță, adică este un fel de izolator.

De sigur că imediat ce raportul necesar este perturbat și unda devine mai lungă sau mai scurtă decît valoarea de rezonanță, adică înălțimea montatului nu va fi egală cu un sfert de lungime de undă, montantul metalic își pierde proprietățile „izolante" și începe să consume energie.

Celălalt capăt scurtcircuitat al montantului posedă de asemenea o proprietate interesantă: unda staționară se situează astfel, încît la acest capăt tensiunea de înaltă frecvență este egală cu zero. Aceasta înseamnă că el poate fi fixat pe o suprafață metalică legată la pămînt și nu va produce nici o scurgere de curent.

Această proprietate minunată a liniei în sfert de lungime de undă, scurtcircuitată la un capăt își găsește o

largă aplicare în tehnica undelor metrice şi centimetrice. În undele mai lungi, caracterul acestui fenomen se păstrează, însă „izolatorul metalic" devine prea lung şi practic inutilizabil. De exemplu, pe unda cea mai scurtă din banda de unde medii, linia în sfert de undă ar avea lungimea de 50 m. Chiar şi în undele scurte, un sfert de lungime de undă constituie cîţiva metri.

ÎNCĂLZIREA într-o SPIRALĂ

O condiție obligatorie a funcționării în bune condițiuni a tubului electronic este un vid înaintat. Dar pentru a asigura vidul necesar (v. capitolul „Cîte molecule de aer rămîn în tub"), nu este suficient să se evacueze numai aerul din balonul tubului. În metalul din care sînt executați electrozii tubului și suporții lor există destul de multe gaze: oxigen, hidrogen, azot etc. Ele se numesc gaze ocluse.

Cu timpul, în special din cauza încălzirii electrozilor, inevitabilă la funcționarea tubului, gazele ocluse se degajează din metal, vidul se înrăutățește și tubul încetează să mai funcționeze normal.

Ne putem face o imagine asupra cantității de gaze cuprinse în metal, din exemplul următor: dacă dintr-un milimetru cub de nichel care servește adesea drept material pentru confecționarea tuburilor anozilor, se elimină întreaga cantitate de gaz oclus, acest gaz va ocupa la presiunea atmosferică normală volumul de 100 mm^3.

Metalul se eliberează cel mai bine de gaze prin încălzire, însă încălzirea trebuie să se execute în balonul deja vidat, continuînd vidarea pe măsura degajării gazului. Cum se poate face aceasta? Doar nu este chiar atît de ușor să se încălzească piesele metalice aflate în interiorul balonului de sticlă.

În uzinele de tuburi electronice încălzirea electrozilor se realizează printr-un procedeu foarte simplu și eficace. Pe balonul tubului aflat pe bancul de vidare se îm-

bracă o spirală formată din cîteva spire de țeavă de cupru și toate părțile metalice aflate în interiorul balonului se încălzesc aproape instantaneu pînă la roșu. Temperatura lor ajunge pînă la 1000°C. La o încălzire atît de puternică, din metal se degajează complet gazul, care este evacuat imediat cu ajutorul pompei. Vidul din tub este acum asigurat.

Dar ce fel de spirală minunată este aceasta? Să încercăm să o atingem cu mîna. Curios, la pipăit ea este complet rece. În spațiul ei interior se poate introduce de asemenea degetul fără nici un pericol — degetul nu va simți de loc căldura. Dacă însă aveți îmbrăcat pe deget un inel, nu veți putea executa această experiență: inelul se va încălzi imediat și vă va arde.

Secretul spiralei minunate care încălzește pînă la roșu metalele și care este complet rece la pipăit este simplu. Prin spirală circulă curenți de înaltă frecvență. Pentru cîmpul creat de această spirală, balonul de sticlă și vidul din interiorul lui nu constituie nici un obstacol. Cîmpul magnetic alternativ creat de spirală intersectează obiectele metalice aflate în zona lui de acțiune și datorită acestui fapt în ele se dezvoltă curenți turbionari atît de puternici încît metalul se încălzește. Cîmpul magnetic nu încălzește însă corpul nostru: datorită rezistenței mari, în el nu pot lua naștere curenți de o importanță cît de mică și de aceea noi putem să introducem fără nici un pericol mîna în interiorul spiralei.

Metoda încălzirii prin curenți de înaltă frecvență cu posibilitățile ei extraordinare a fost transpusă din industria vidului în alte domenii ale economiei naționale, unde ea își găsește un domeniu de aplicare din ce în ce mai larg.

CUM să încălzim O PÎRJOALĂ

Să nu credeţi că această problemă este în primul rînd foarte simplă şi în al doilea rînd nu are nici o legătură cu radiotehnica.

Avem o pîrjoală rece. Cum s-o încălzim?

Din punct de vedere tehnic aceasta se făcea pînă în prezent foarte primitiv. Pîrjoala se punea pe o tigaie şi se aşeza deasupra flacării. Flacăra încălzea tigaia, tigaia încălzea stratul alăturat al pîrjoalei. De la acest strat căldura se propaga lent — datorită conductibilităţii termice a materialului pîrjoalei — în interiorul pîrjoalei. Pentru încălzirea ei, chiar cu condiţia întoarcerii frecvente, era necesar un timp îndelungat, iar stratul superficial al pîrjoalei se usca prea mult în acest timp, se prăjea prea mult, aproape că se carboniza. Gustul pîrjoalei se înrăutăţea.

Se poate oare face astfel încît pîrjoala să se încălzească instantaneu în toată masa ei, să nu se acopere cu o crustă şi să nu-şi piardă gustul?

Dezvoltarea radiotehnicii a permis să se rezolve această problemă culinară. Un procedeu comod şi bun de încălzire se poate realiza cu ajutorul curenţilor de înaltă frecvenţă, importanţa enormă a încălzirii prin curenţi de înaltă frecvenţă nefiind desigur, determinată numai de aplicaţiile lor culinare.

Curenţii de înaltă frecvenţă pătrund tot mai adînc în cele mai variate domenii ale economiei naţionale. Totodată numeroase particularităţi specifice frecvenţelor

înalte permit utilizarea lor în scopuri dintre cele mai contradictorii la prima vedere.

Să comparăm, de exemplu, două domenii de utilizare a curenților de înaltă frecvență, cum sînt călirea pieselor de oțel și uscarea lemnului.

Fondul călirii constă, după cum se știe, în aceea de a mări brusc duritatea și rezistența piesei la suprafață, păstrînd în același timp fără modificare straturile din adîncimea metalului — „miezul" piesei, întrucît, în caz contrar, metalul devine fragil. Călirea prin înaltă frecvență rezolvă excelent și această problemă, permițînd să se încălzească pînă la temperatura necesară numai stratul subțire de metal chiar de la suprafață fără a încălzi în acest timp straturile lui interioare. În ceea ce privește calitatea călirii și productivitatea, această metodă nouă lasă cu mult în urmă metodele termice vechi de călire a metalului, utilizate secole de-a rîndul.

În alt domeniu — domeniul de încălzire și uscare a materialelor nemetalice, de exemplu a lemnului (cum și a pîrjoalei), se impune rezolvarea unei alte probleme: să se încălzească materialul la fel de uniform pe toată adîncimea lui. Și această problemă a stat în puterea curenților de înaltă frecvență: uscarea prin înaltă frecvență a lemnului atît în ceea ce privește calitatea tratamentului cît și reducerea timpului necesar pentru ea dă rezultate incomparabil mai bune decît toate celelalte procedee termice folosite în acest scop.

Cum se reușește ca curenții de înaltă frecvență să îndeplinească asemenea condiții complet diferite? Secretul constă în faptul că în tehnica frecvențelor înalte putem folosi separat, cîmpurile magnetice și electrice. În bobina circuitului oscilant, energia trece în cîmpul magnetic, iar în condensator în cîmpul electric. Cînd în bobina parcursă de un curent puternic de înaltă frecvență se introduce un obiect de oțel, cîmpul magnetic de înaltă frecvență provoacă apariția în el a curenților turbionari de aceeași frecvență. Datorită însă efectului pelicular, acești curenți se propagă numai în stratul superior al metalului, iar în adîncime ei sînt mult slăbiți sau chiar lipsesc complet. Ca rezultat, datorită încălzirii de către

acești curenți peliculari, la piesa de oțel se formează un fel de cămașă încălzită pînă la roșu. Aceasta se produce foarte rapid și cu toată conductibilitatea termică ridicată a metalului, încălzirea nu are timp să pătrundă în interior. După o răcire bruscă a stratului incandescent, pe suprafața piesei rămîne un înveliș dur, rezistent la uzură, iar miezul nu suferă nici un fel de modificări structurale, metalul lui păstrîndu-și viscozitatea.

Adîncimea stratului călit (mm)	Frecvența (kiloherți)
0,5 ... 1	5.10^5 ... 10^6
1 ... 2	10^5 ... 3.10^5
2 ... 5	15
3 ... 8	2
8 ... 15	0,5

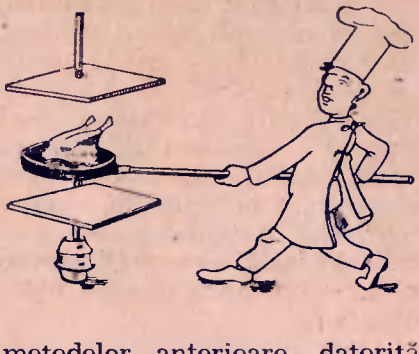
Alegînd frecvența curentului, metalul poate fi călit la adîncimi diferite. Cu cît este mai scăzută frecvența, cu atît stratul călit are o adîncime mai mare.

Dacă în aceeași bobină se introduce o bucată de lemn sau un alt material nemetalic oarecare, cu el nu se va produce nimic, cîmpul magnetic nu-l va încălzi.

O altă situație se obține dacă lemnul va fi introdus între armăturile condensatorului circuitului oscilant. Cîmpul electric alternativ duce la apariția în materialele nemetalice a pierderilor dielectrice, care sînt provocate, pe de o parte, de curenții de conductibilitate, care apar în aceste materiale datorită imperfecțiunii proprietăților lor izolante, iar, pe de altă parte, de „frecarea" dintre moleculele care își schimbă poziția în interiorul substanței la fiecare schimbare a sensului cîmpului electric. Cu cît este mai mare frecvența curentului, cu atît sînt mai mari pierderile dielectrice de acest fel.

Spre diferență de curenții de înaltă frecvență din metale, care se propagă în fond numai la suprafață, pierderile dielectrice au loc în toată grosimea materialului și, prin urmare, încălzirea lui se produce uniform în toată grosimea. În aceasta constă diferența principală dintre acest procedeu de încălzire și toate celelalte metode bazate

pe utilizarea căldurii exterioare; acolo încălzirea se începe de la exterior și căldura pătrunde doar treptat în interiorul corpului. Avantajele acestei încălziri „integrale" sînt enorme: ea permite să se reducă mult durata uscării și încălzirii și elimină aproape complet rebutul care a fost inevitabil la aplicarea metodelor anterioare, datorită neuniformității încălzirii în grosime (de exemplu, crăparea lemnului). Acest procedeu permite să se încălzească aproape instantaneu în toată grosimea ei și pîrjoala noastră.



Pentru uscarea și încălzirea materialelor nemetalice, a lemnului, materialelor plastice și a multor substanțe organice — se folosesc curenți cu frecvențe mult mai înalte decît pentru călire — aproximativ de la 300 kiloherți la 20 megaherți, iar în unele cazuri chiar pînă la 100 megaherți. Alegerea frecvenței depinde de destinația instalației de înaltă frecvență. De exemplu, pentru uscarea lemnului dau rezultate bune frecvențele de 300 ··· 500 kiloherți, pentru încălzirea prealabilă a materialelor plastice înainte de presare 20 ···40 megaherți, iar pentru lipirea materialelor plastice stratificate plane, de tipul pertinaxului și textolitului — frecvențe și mai ridicate: 40 ··· 100 megaherți.

Cu cît sînt mai bune proprietățile izolante ale materialului încălzit, cu atît este necesară o frecvență mai ridicată a curentului, pentru a provoca în material pierderi dielectrice suficient de mari.

Astfel, folosind separat cîmpurile magnetic și electric create de curenții de înaltă frecvență, se pot obține cu ajutorul lor cele mai variate rezultate și, la prima vedere, contradictorii în ceea ce privește caracterul lor.

Este interesant că încă acum 7...8 ani, unele reviste indicau ca exemple umoristice perspectiva utilizării curenților de înaltă frecvență pentru asemenea scopuri „netehnice", cum este de exemplu „arta culinară". Noi redăm o figură din revista „Radio", anul 1947. În zilele noastre o asemenea utilizare a curenților de înaltă frecvență pentru scopuri atît de „netehnice" cum este de exemplu, arta culinară, a devenit o realitate: carnea se încălzește instantaneu, în toată grosimea ei în cuptoarele de înaltă frecvență speciale și calitatea produsului obținut este incomparabil mai bună decît în cazul prăjirii la foc.

TERMOMICROSCOPUL

Tehnica modernă a măsurărilor, îmbogăţită cu aparataj radiotehnic şi metode radiotehnice a înarmat pe om cu aparate extrem de fine şi sensibile pentru cercetări şi măsurări.

Relativ recent, un fel de „etalon" al unui interval de timp foarte mic era expresia „cît ai clipi din ochi". Dar ce este „cît ai clipi din ochi"? Recalculat în secunde aceasta reprezintă doar aproximativ 0,3 secunde. Aparatele cu fascicul electronic permit să se măsoare absolut exact, intervale de timp de un milion de ori mai mici. Raportul este acelaşi ca între o secundă şi ... 12 zile.

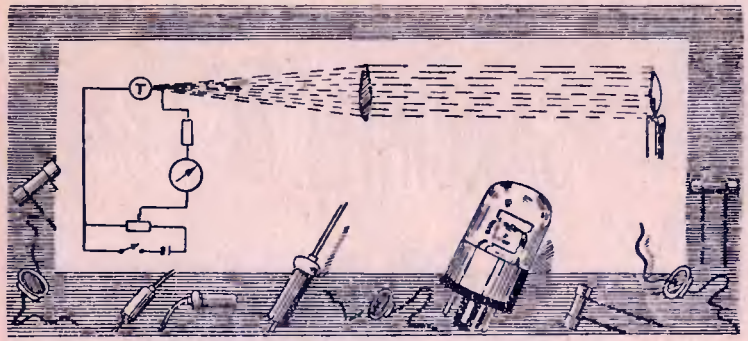
Ce scară utiliza omul, relativ recent, pentru a sublinia dimensiunile extrem de mici ale unui lucru oarecare? El le compara cu „bobul de mac" clasic, sau — în caz extrem — cu un firicel de praf. Bobul de mac şi firul de praf sînt însă giganţi în comparaţie cu acele formaţiuni într-adevăr microscopice pe care permite să le vedem microscopul electronic. Bobul de mac are un diametru de aproximativ 0,5 mm, iar dimensiunile unei molecule mari, care se vede la microscopul electronic, sînt de aproximativ 0,00001 mm. Această moleculă este de atîtea ori mai mică decît un bob de mac, de cîte ori acesta este mai mic decît o ... casă cu etaj.

Probabil însă că niciuna dintre realizările tehnicii măsurărilor nu impresionează atît de mult imaginaţia ca posibilităţile măsurării căldurii. Aceste posibilităţi sînt atît de extraordinare, încît involuntar refuzi să crezi în

ele. Oare se poate crede, de exemplu, că tehnica modernă de măsurat permite să se capteze şi să se măsoare cantitatea de căldură pe care o dă lumînarea de la o distanţă egală cu distanţa de la Moscova ... la Taşkent. În realitate însă acest exemplu corespunde cu însăşi realitatea. Un element de captare a căldurii de extraordinară sensibilitate, în ansamblu cu un telescop, permite să se capteze acea cantitate neînchipuit de mică de căldură, care ajunge de la o lumînare aprinsă la o distanţă de 3 000 km. Lumina lumînării ca atare nu joacă în cazul de faţă nici un rol. Lumînarea poate fi îngrădită cu un ecran care lasă să treacă numai radiaţiile infraroşii şi nu lasă să treacă razele de lumină. Ce este acest element extraordinar de captare a căldurii? Am avut deja ocazia să menţionăm proprietăţile minunate ale semiconductoarelor. Dintre ele face parte şi proprietatea semiconductoarelor de a-şi schimba valoarea rezistenţei electrice, exact în mod opus cu această variaţie la materialele conductoare.

La creşterea temperaturii, creşte rezistenţa conductoarelor. Dar ceea ce noi denumim căldură este mişcarea particulelor de substanţă, iar curentul electric este o mişcare organizată a electronilor într-un anumit sens. La creşterea temperaturii, oscilaţiile particulelor substanţei conductorului se accelerează, electronii suferă mai multe ciocniri, le este mai greu să se deplaseze.

La creşterea temperaturii se micşorează rezistenţa semiconductoarelor. Semiconductoarele posedă sau conductibilitate electronică, sau conductibilitate prin „goluri". La temperatură scăzută, mişcarea sarcinilor electrice libere sau captarea de către atomi a electronilor lipsă este îngreunată. De aceea, conductibilitatea este foarte mică. La creşterea temperaturii, condiţiile schimbului de electroni datorită intensificării agitaţiei termice a atomilor sînt uşurate şi creşte conductibilitatea. La o scădere foarte importantă a temperaturii, unele semiconductoare pierd integral proprietatea de a conduce curentul şi devin izolatoare, în timp ce unele materiale conductoare pierd în acest caz complet rezistenţa şi devin supraconductoare — materiale conductoare cu rezistenţă egală cu zero.



Faptul însă că semiconductoarele își schimbă conductibilitatea prin încălzire sau răcire în sensul opus schimbării care se produce în conductoare nu se poate încă folosi pentru măsurarea cantității de căldură sau a temperaturii. Această posibilitate este favorizată de faptul că la variația temperaturii semiconductoarelor cu 1°, rezistența lor variază de mii de ori mai mult decît rezistența conductoarelor. Semiconductoarele sînt excepțional de sensibile la variațiile de temperatură.

Aparatele de măsurat temperatura cu semiconductoare care poartă denumirea de termistoare, sînt cele mai sensibile termometre moderne. Termistorul este o bucățică de semiconductor tratată în mod special, legată de aparatul pentru măsurarea extrem de fină a rezistenței. Dacă termistorul se așeza în focarul unui telescop mare, devine posibil să se măsoare căldura care ne sosește de la stele. Despre sensibilitatea aproape fantastică a acestui aparat am vorbit deja mai sus.

Termistoarele au multe aplicații, printre care și în instalațiile de radio. Ele se folosesc, de exemplu, drept limitatoare de amplitudine a oscilațiilor în generatoare, conectîndu-le în derivație cu circuitul oscilant. Dacă oscilațiile cresc excesiv în circuitul oscilant, curentul care străbate termistorul crește și el, îl încălzește și — din această cauză — rezistența termistorului scade, iar el, consumînd un curent tot mai mare, introduce în circuitul oscilant o atenuare la care oscilațiile nu pot să mai crească.

SARCINILE *Solidificate*

Sarcina electrică creează în spaţiul înconjurător un cîmp electric. Prin deplasarea sarcinii electrice în spaţiul înconjurător, apare cîmpul magnetic. Cîmpurile electrice şi magnetice se utilizează larg în tehnica modernă.

Posibilităţile de obţinere însă a cîmpurilor electrice şi magnetice nu sînt identice.

Pentru a obţine un cîmp magnetic, noi putem folosi curentul electric sau un magnet permanent. În primul rînd obţinem un fel de cîmp magnetic provizoriu, care există doar pînă cînd în circuit se menţine curentul electric. În al doilea caz, dispunem de un cîmp magnetic permanent, invariabil.

Existenţa a două procedee de obţinere a cîmpului magnetic deschide largi posibilităţi. Noi nu am putea să realizăm numeroase aparate şi mecanisme începînd de la o simplă sonerie electrică şi terminînd cu macaraua magnetică, dacă am dispune numai de magneţi permanenţi. Pe de altă parte, ar trebui să complicăm extraordinar busola, aparatele electrice de măsurat şi o mulţime de alte dispozitive şi mecanisme. dacă am putea provoca apariţia cîmpului magnetic numai cu ajutorul curentului electric.

Alta este situaţia cîmpului electric. Cunoaştem un singur procedeu de creare a cîmpului electric permanent între două puncte oarecare — pentru aceasta este necesar să se concentreze într-un loc mai multe sarcini electrice decît într-altul. Sarcinile electrice se deosebesc însă

printr-o mobilitate excepțională. În opoziție cu dorința noastră, ele tind cu orice preț să se repartizeze uniform în circuit. Pentru a menține cîmpul, este necesar să se cheltuiască necontenit energie: mecanică — în generatoarele de curent, chimică — în elementele galvanice și acumulatoare etc.

Este drept că în acest caz devine posibil nu numai să se creeze cîmpul electric, ci să se obțină și curentul electric, care îndeplinește o muncă sau alta. Curentul nu este însă totdeauna necesar. De exemplu, pentru a aplica pe grilele tuburilor electronice o „negativare negativă" este necesar numai cîmpul electric.

Pentru asemenea cazuri ar fi perfect suficient să dispunem de un dispozitiv care permite să se mențină repartiția neuniformă a sarcinilor, creată într-un circuit oarecare.

Putem să ne imaginăm un asemenea dispozitiv?

În mod natural se sugerează un astfel de procedeu: printr-un fel oarecare să se obțină o repartiție uniformă a sarcinilor în circuit, iar după aceea ele să se separe prin izolatoare, pentru a nu avea posibilitatea de redistribuire.

Ca principiu, un asemenea dispozitiv este condensatorul. La încărcarea condensatorului, pe una dintre armături se concentrează mai multe sarcini electrice decît pe cealaltă. Izolatorul care separă armăturile nu permite uniformizarea sarcinilor.

Este foarte greu să se mențină însă sarcinile pe armăturile condensatorului. În primul rînd, sarcinile electrice tind să se „infiltreze" prin izolatorul-dielectric. În al doilea rînd, ele se folosesc de orice ocazie prielnică pentru a se redistribui prin aerul înconjurător. Prezența umidității în aer înrăutățește proprietățile lui izolante. Multe cauze duc la ionizarea aerului, adică îl fac conducător. Ca rezultat, chiar cele mai bune condensatoare nu mențin sarcinile mai mult de cîteva zile, diferența de potențial a armăturilor variind continuu, reducîndu-se treptat pînă la zero.

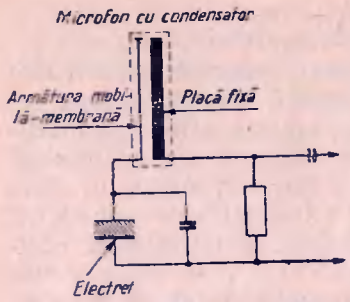
Această împrejurare singură face imposibilă folosirea condensatoarelor drept surse de cîmp electric permanent. La aceasta se mai adaogă un motiv atît de important cum este tendința condensatorului de a se descărca. Această descărcare se va produce la prima atingere accidentală a armăturilor condensatorului cu un conductor oarecare, de exemplu, cu mîna. O piesă nu poate fi folosită dacă o atingere chiar ușoară a acesteia o face de neutilizat. Pentru ca o instalație electrică oarecare să poată fi folosită ca excitator de cîmp electric permanent, este necesar ca ea să nu necesite consum de energie pentru menținerea diferenței de potențial la bornele ei și să păstreze această diferență de potențial chiar în cazul unui scurtcircuit.

Nu este oare absurdă această cerință? Este posibilă oare crearea unor asemenea „condensatoare nedescărcabile"? Tehnica modernă dă la această întrebare un răspuns afirmativ. Asemenea dispozitive au fost deja create. Ele au căpătat denumirea de *electreți.*

Se știe de mult că conductibilitatea electrică a materialelor depinde de temperatură. De exemplu, răcirea este însoțită de micșorarea rezistenței conductoarelor și de mărirea rezistenței semiconductoarelor. Valoarea conductibilității și caracterul ei variază la trecerea din stare lichidă în stare solidă, și invers. Încă acum 200 ani (în 1756), Epinus — la studiul fenomenelor piroelectrice — a descoperit că cristalele de turmalină fiind răcite, posedă capacitatea de a „reține" sarcinile electrice. Studiile îndelungate efectuate de mulți savanți, printre care și Faraday, asupra acestor fenomene au permis să se stabilească că reținerea sarcinilor se produce în mod optim dacă tensiunea se aplică la două armături separate prin substanțe rășinoase sau ceroase topite, și se menține neschimbată în timpul solidificării lor. Dacă după aceasta se deconectează sursa de tensiune și se desprind armăturile, se dovedește că sarcina nu dispare de pe suprafața substanței, chiar dacă se produce un scurtcircuit.

Natura fizică a acestui fenomen deocamdată nu este clară. La prima vedere ea apare ca și cum sarcinile electrice distribuite în materialul ceros topit sub influența poten-

ţialului aplicat au pierdut mobilitatea şi s-au „solidificat", ca rezultat al solidificării acestui material.
Ne putem închipui că la un capăt al acestui electret sînt mai mulţi electroni decît la celălalt. Electronii s-au redistribuit sub acţiunea cîmpului aplicat şi s-au „solidificat". Datorită acestui fapt, între capetele acestui electret există o diferenţă de potenţial electric şi există un cîmp electric. Această diferenţă de potenţial este constantă, deoarece electronii care o realizează sînt lipsiţi de posibilitatea de a se deplasa.
Cu tot atîta siguranţă se poate presupune că electrizarea electretului nu se produce din cauza deplasării electronilor, ci ca rezultat al aceleiaşi deplasări a sarcinilor în atomi şi molecule şi a orientării ordonate a dipolilor obţinuţi, cum se întîmplă în dielectricul condensatoarelor. Această orientare se menţine la răcirea electretului.
Natural că diferenţa de potenţial formată ca rezultat al unuia sau altui proces la capetele electretului, nu dispare nici în cazul unui scurtcircuit. Dacă electretul se scurtcircuitează printr-un conductor, acesta nu va fi străbătut de un curent. Mai mult decît atît, după cum magneţii pentru o mai bună păstrare se scurtcircuitează printr-o punte de fier (v. cap. „Încă un scurtcircuit"), tot aşa şi electreţii trebuie să se păstreze, scurtcircuitîndu-i printr-un conductor. Probabil că natura fizică a acestui fenomen este la electreţi — aceeaşi ca şi la magneţii permanenţi: scurtcircuitarea favorizează anihilarea în interiorul electretului a cîmpului electric de sens invers.
Electreţii sînt asemănători cu magneţii şi în privinţa posibilităţii divizării lor în fragmente. Fiecare bucată din magnetul rupt în bucăţi formează de asemenea un magnet; tot aşa şi bucăţile electretului rupt în bucăţi au polaritate electrică şi creează un cîmp electric.
Faptul că electretul nu poate să creeze un curent electric limitează numărul de procedee pentru determinarea diferenţei de potenţial la capetele lui. Voltmetrele obişnuite, chiar şi cele mai bune — de mare rezistenţă — nu pot fi utilizate în acest scop, deoarece acţiunea lor se bazează pe consumul de curent de la sursa de tensiune măsurată. Diferenţa de potenţial a electretului poate fi des-



coperită cu ajutorul voltmetrului electronic, voltmetrului electrostatic și al altor aparate care nu consumă curent. În prezent electreții încă se studiază și se perfecționează. Pentru formarea electreților se folosesc adesea electrozi în formă de cupă sau care au forma de două țevi concentrice. Se recomandă lustruirea electrozilor. Spațiul dintre electrozi se umple cu dielectric topit. Unul dintre materialele cunoscute pentru electret este format dintr-un amestec de rășină de carnauba (ceară vegetală, care acoperă frunzele unei varietăți de palmier din Brazilia), smoală și un mic adaos de ceară de albine. Un alt material pentru electreți este format din 45% ceară de carnauba, 45% colofoniu hidratat și 10% etilceluloză.

La armăturile de formare ale electretului, după umplerea formelor cu material topit se aplică o tensiune de cîteva mii de volți (pînă la 10 000). După solidificarea totală, sursa de tensiune se înlătură. Diferiții electreți se comportă în acest caz neuniform. Unii își păstrează polaritatea comunicată, reducînd doar potențialul de cîteva zeci de ori. Electreții de alte tipuri își reduc treptat potențialul pînă la zero, schimbă polaritatea lor, după care potențialul crește și, în sfîrșit, se stabilizează la un nivel oarecare.

Se fac experiențe de producere a electreților din tot felul de materiale plastice și ceramice, în loc de substanțe ceroase.

Electreții nu pot servi drept surse de curent — de la ei nu putem obține putere. Ei se pot folosi doar în cazurile cînd trebuie să se creeze un cîmp electric permanent, cînd este necesar numai potențialul electric. Pot să existe foarte multe cazuri de acest fel. De exemplu, electreții, după cum s-a mai menționat, constituie surse ideale pentru aplicarea tensiunii pe grilele de comandă ale tuburilor. Electreții se pot folosi pentru aplicarea tensiunii con-

tinui pe microfoanele cu condensator (în realitate electreţii s-au folosit pentru prima oară în acest scop). Cu ajutorul electreţilor se pot realiza lentile electrostatice totdeauna gata să funcţioneze şi în permanenţă în funcţiune pentru tuburile catodice şi diferite aparate electronooptice. În toate aceste cazuri şi în multe altele, electreţii se pot monta în aparataj ca surse permanente de cîmp electric.

Trebuie să se presupună că nu este departe timpul, cînd în aparatajul radiotehnic, concomitent cu asemenea noutăţi ca antena magnetică şi trioda cu cristal, va apare şi electretul.